

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-156270

(43)Date of publication of application : 31.05.2002

(51)Int.Cl.

G01F 23/22
B41J 2/175
H01L 41/08
H01L 41/09

(21)Application number : 2000-351881

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 17.11.2000

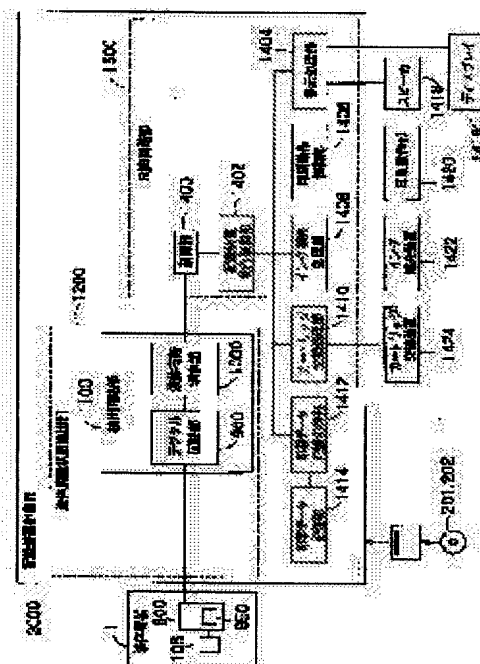
(72)Inventor : TAMURA NOBORU

(54) LIQUID CONSUMPTION STATE DETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a liquid consumption state detector capable of suppressing the effect of noise to avoid the erroneous detection of the residual amount of a liquid.

SOLUTION: The liquid consumption state detector is equipped with a vibration part at least partially exposed to a housing space for housing a liquid and vibratory with respect to the housing space and a piezoelectric element capable of vibrating the vibration part on the basis of a drive signal and generating a back electromotive force signal by the vibration of the vibration part. Liquid consumption state detection part detects a liquid consumption state on the basis of the back electromotive force from the piezoelectric element. The liquid consumption state detection part has a digital signal forming circuit part for forming a digital signal on the basis of the back electromotive force signal and a detection circuit part having a clock signal detecting a liquid consumption state on the basis of the digital signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.04.2006

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2006-010490

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 22.05.2006

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned while at least a part is exposed to the hold space in which a liquid is held The liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from the piezoelectric device which generates the back EMF signal, and a piezoelectric device by vibration of the oscillating section, A preparation and a liquid consumption condition detecting element are a liquid consumption condition detector characterized by having the digital signal generation circuit section which generates the digital signal based on the back EMF signal, and the detector section which has the clock signal which detects a liquid consumption condition based on a digital signal.

[Claim 2] The digital signal generation circuit section is a liquid consumption condition detector according to claim 1 characterized by being prepared near the piezoelectric device and not using a clock signal.

[Claim 3] The digital signal generation circuit section is a liquid consumption condition detector according to claim 1 or 2 characterized by generating the back EMF signal and the pulse signal of an abbreviation same frequency as a digital signal based on the back EMF signal.

[Claim 4] The digital signal generation circuit section is a liquid consumption condition detector according to claim 3 with which the signal amplified [reference voltage] in the amplifier amplified as a core and the amplifier in the electrical-potential-difference generation section which generates reference voltage, and the back EMF signal is characterized by having the comparator which compares whether it is [Low] High and outputs a comparison result as a pulse signal to reference voltage.

[Claim 5] The detector section is a liquid consumption condition detector according to claim 3 or 4 characterized by measuring the frequency of the back EMF signal based on the pulse signal generated by the digital signal generation circuit section.

[Claim 6] The detector section is a liquid consumption condition detector according to claim 5 characterized by measuring the frequency of the back EMF signal based on the numeric value which has the counter which measures the count of vibration of the predetermined time of a pulse signal, and was measured by the counter concerned.

[Claim 7] The detector section is a liquid consumption condition detector according to claim 5 characterized by measuring the frequency of the back EMF signal based on the time amount which has the clock counter for a pulse signal to measure time amount while only the count of predetermined vibrates, and was measured by the clock counter concerned.

[Claim 8] The part exposed to the liquid hold space of the oscillating section is a liquid consumption condition detector according to claim 1 to 7 characterized by seeing from a liquid hold space side and having become a symmetrical configuration.

[Claim 9] A piezoelectric device is a liquid consumption condition detector according to claim 8 characterized by being a location based on [of the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section] abbreviation, and fixing the liquid hold space side of the oscillating section concerned to the opposite side.

[Claim 10] The part exposed to the liquid hold space of the oscillating section is a liquid consumption

condition detector according to claim 8 or 9 which sees from a liquid-container inside side and is characterized by being circular.

[Claim 11] The oscillating direction of a piezoelectric device is a liquid consumption condition detector according to claim 1 to 10 characterized by being an abbreviation perpendicular to the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section.

[Claim 12] The liquid container characterized by having the wall which divides the hold space for holding a liquid, and a liquid consumption condition detector according to claim 1 to 11.

[Claim 13] The liquid container according to claim 12 characterized by having further the storage section which memorizes the liquid consumption condition detected by the liquid consumption condition detector.

[Claim 14] While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned while at least a part is exposed to the hold space in which a liquid is held The piezoelectric device which generates the back EMF signal by vibration of the oscillating section, and the wall which divides the hold space for holding a liquid, The liquid container which ****, and the liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from a piezoelectric device, It connects with a liquid container and has the liquid consumption body section which consumes the liquid held in the liquid container. A liquid consumption condition detecting element Liquid consumption equipment characterized by having the digital signal generation circuit section which generates the digital signal based on the back EMF signal, and the detector section which has the clock signal which detects a liquid consumption condition based on a digital signal.

[Claim 15] The digital signal generation circuit section is liquid consumption equipment according to claim 14 which is the near location of a piezoelectric device and is characterized by being installed in a liquid container.

[Claim 16] Liquid consumption equipment according to claim 14 or 15 characterized by having further the control circuit section which controls consumption actuation of the liquid in the liquid consumption body section based on the liquid consumption condition of the liquid container detected by the liquid consumption condition detecting element.

[Claim 17] Liquid consumption equipment according to claim 14 or 15 characterized by having the storage section which memorizes the liquid consumption condition detected by the liquid consumption condition detector, and the control circuit section which controls consumption actuation of the liquid in the liquid consumption body section based on the liquid consumption condition of the liquid container memorized by the storage section.

[Claim 18] The detector section is liquid consumption equipment according to claim 16 or 17 characterized by being prepared near the control circuit section and not using a clock signal.

[Claim 19] The control unit characterized by being the control unit which controls a liquid consumption condition detector according to claim 1, giving a driving signal to a piezoelectric device, and making a liquid consumption condition detecting element detect a liquid consumption condition.

[Claim 20] The record medium which recorded the program which it performs [program] according to the computer system containing at least one computer, and makes said computer system realize a control unit according to claim 19 and in which computer read is possible.

[Claim 21] The record medium which recorded the program which the instruction which controls the 2nd program which operates on the computer system containing at least one computer is included [program], it performs [program] according to said computer system, and said 2nd program is controlled [program], and makes said computer system realize a control unit according to claim 19 and in which computer read is possible.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] By detecting change of an acoustic impedance, this invention is divided and relates to the liquid consumption condition detector which can detect the consumption condition of liquids, such as ink, by detecting change of resonance frequency.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the ink jet recording device, the ink jet recording head which has a pressure generating means to pressurize a pressure generating room, and the nozzle orifice which makes an ink droplet the pressurized ink and carries out the regurgitation is carried in carriage.

[0003] It consists of ink jet recording devices possible [continuation of printing] by continuing supplying the ink in an ink tank to a recording head through passage. The ink tank is constituted as a removable cartridge which a user can exchange easily, when ink is consumed.

[0004] Conventionally, there are an approach of software integrating the amount of ink attracted by the number of regurgitation of the ink droplet in a recording head or maintenance as a management method of ink consumption of an ink cartridge, and managing ink consumption by count, a method of managing the time of specified quantity consumption of the ink actually being carried out by attaching the electrode for oil-level detection in an ink cartridge, etc.

[0005] However, there are the following problems in the approach of software integrating the number of regurgitation and the amount of ink of an ink droplet, and managing ink consumption on count. In a head, some which have weight variation are in a regurgitation ink droplet. Although image quality is not affected, in consideration of the case where it accumulates, a margin is given and the ink cartridge is filled up. Therefore, the problem that ink remains by the margin depending on an individual arises.

[0006] As for the approach of on the other hand managing the time of ink being consumed with an electrode, the amount of real of ink is detectable. For this reason, an ink residue is manageable with high dependability. However, since it depends for detection of the oil level of ink on the conductivity of ink, the class of detectable ink is limited or the seal structure of an electrode may be complicated. Moreover, as an ingredient of an electrode, since noble metals also with high corrosion resistance with sufficient conductivity are used, the manufacturing cost of an ink cartridge usually increases. Furthermore, since it is necessary to equip with two electrodes, a production process will increase and a manufacturing cost will increase as a result.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The application for patent No. 147052 [2000 to] is indicating the piezoelectric device and module object which could detect the liquid residue correctly and made complicated seal structure unnecessary and with which a liquid container is equipped that the above-mentioned technical problem should be solved. Moreover, the application for patent No. 146966 [2000 to] is indicating the detection control circuit which may be used for such a piezoelectric device and a module object.

[0008] This artificer did the knowledge of saying [that the mistaken liquid residue detection will be made] in the detection control circuit by the application for patent No. 146966 [2000 to], when the effect of a noise existed.

[0009] This invention is made in consideration of such a point, and aims at offering the liquid

consumption condition detector which can avoid the liquid residue detection which controlled and mistook the effect of a noise.

[0010]

[Means for Solving the Problem] While at least a part exposes this invention to the hold space in which a liquid is held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned The liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from the piezoelectric device which generates the back EMF signal, and a piezoelectric device by vibration of the oscillating section, A preparation and a liquid consumption condition detecting element are liquid consumption condition detectors characterized by having the digital signal generation circuit section which generates the digital signal based on the back EMF signal, and the detector section which has the clock signal which detects a liquid consumption condition based on a digital signal.

[0011] In order that according to this invention the digital signal generation circuit section may generate the digital signal based on the back EMF signal and the detector section may detect a liquid consumption condition based on the digital signal concerned, signal processing in the detector section turns into digital processing, and it is hard to be influenced by the noise.

[0012] Since the back EMF signal which is an analog signal may be immediately changed into a digital signal when the digital signal generation circuit section is prepared near the piezoelectric device and does not use a clock signal especially, it is much more hard to be influenced by the noise.

[0013] The digital signal generation circuit section generates the back EMF signal and the pulse signal of an abbreviation same frequency as a digital signal for example, based on the back EMF signal. The signal amplified [reference voltage] in the amplifier amplified as a core and the amplifier in the electrical-potential-difference generation section in which the digital signal generation circuit section generates reference voltage, and the back EMF signal compares whether it is [Low] High to reference voltage, and, more specifically, may have the comparator which outputs a comparison result as a pulse signal.

[0014] Or the signal amplified [reference voltage / 1st] in the amplifier amplified as a core and the amplifier in the electrical-potential-difference generation section in which the digital signal generation circuit section generates the 1st reference voltage and the 2nd reference voltage higher than the 1st reference voltage, and the back EMF signal compares whether it is [Low] High to the 2nd reference voltage, and may have the comparator which outputs a comparison result as a pulse signal. In this case, in the condition before vibrating the oscillating section based on a driving signal, it will distinguish, if the output of a comparator is fixed at Low and the effect of a noise is small, and if the output of a comparator is fixed and there is, the effect of a noise can be distinguished, if large. [no]

[0015] Or the signal amplified [reference voltage / 1st] in the amplifier amplified as a core and the amplifier in the electrical-potential-difference generation section in which the digital signal generation circuit section generates the 1st reference voltage and the 2nd reference voltage lower than the 1st reference voltage, and the back EMF signal compares whether it is [Low] High to the 2nd reference voltage, and may have the comparator which outputs a comparison result as a pulse signal. In this case, in the condition before vibrating the oscillating section based on a driving signal, it will distinguish, if the output of a comparator is fixed at High and the effect of a noise is small, and if the output of a comparator is fixed and there is, the effect of a noise can be distinguished, if large. [no]

[0016] The detector section measures the frequency of the back EMF signal based on the pulse signal generated by for example, the digital signal generation circuit section. Since the frequency of the back EMF signal is equivalent to the resonance frequency of the matter in hold space, it can detect a liquid consumption condition simply and correctly by this.

[0017] The detector section has the counter which measures the count of vibration of the predetermined time of a pulse signal, and, specifically, measures the frequency of the back EMF signal based on the numeric value measured by the counter concerned.

[0018] Or the detector section has the clock counter for a pulse signal to measure time amount while only the count of predetermined vibrates, and measures the frequency of the back EMF signal based on the time amount measured by the clock counter concerned.

[0019] In addition, preferably, the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section is

seen from a liquid hold space side, and serves as a symmetrical configuration. And preferably, a piezoelectric device is a location based on [of the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section] abbreviation, and is being fixed to the opposite side with the liquid hold space side of the oscillating section concerned.

[0020] Especially the part preferably exposed to the liquid hold space of the oscillating section is seen from a liquid-container inside side, and is circular.

[0021] Moreover, the oscillating direction of a piezoelectric device serves as an abbreviation perpendicular preferably to the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section.

[0022] In addition, the liquid container (for example, ink cartridge) equipped with the liquid consumption condition detector which has either of the above descriptions, and the wall which divides the hold space for holding a liquid is also a candidate for protection in this case.

[0023] In this case, as for a liquid container, it is desirable to have further the storage section which memorizes the liquid consumption condition detected by the liquid consumption condition detector.

[0024] Furthermore, liquid consumption equipment (for example, ink jet recording device) equipped with the liquid consumption body section which consumes the liquid container which has the above descriptions, and the liquid which is connected to a liquid container and held in the liquid container is also a candidate for protection in this case.

[0025] Or while at least a part is exposed to the hold space in which a liquid is held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned The piezoelectric device which generates the back EMF signal by vibration of the oscillating section, and the wall which divides the hold space for holding a liquid, The liquid container which ****, and the liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from a piezoelectric device, It connects with a liquid container and has the liquid consumption body section which consumes the liquid held in the liquid container. A liquid consumption condition detecting element The liquid consumption equipment characterized by having the digital signal generation circuit section which generates the digital signal based on the back EMF signal, and the detector section which has the clock signal which detects a liquid consumption condition based on a digital signal is also a candidate for protection in this case.

[0026] In this case, as for the digital signal generation circuit section, it is desirable to be installed in a liquid container in the near location of a piezoelectric device.

[0027] Moreover, as for liquid consumption equipment, it is desirable to have further the control circuit section which controls consumption actuation of the liquid in the liquid consumption body section based on the liquid consumption condition of the liquid container detected by the liquid consumption condition detecting element.

[0028] Or as for liquid consumption equipment, it is desirable to have further the storage section which memorizes the liquid consumption condition detected by the liquid consumption condition detector, and the control circuit section which controls consumption actuation of the liquid in the liquid consumption body section based on the liquid consumption condition of the liquid container memorized by the storage section.

[0029] Furthermore, it is the control unit which controls the liquid consumption condition detector which has either of the above descriptions, and the control unit characterized by giving a driving signal to a piezoelectric device and making a liquid consumption condition detecting element detect a liquid consumption condition is also a candidate for protection in this case.

[0030] Each element means of the aforementioned control unit or a control unit may be realized by the computer system.

[0031] Moreover, the record medium which recorded the program and the program concerned for realizing each equipment or each means on the computer system and in which computer read is possible is also a candidate for protection in this case.

[0032] Here, although it can be recognized as a record medium as simple substances, such as a floppy (trademark) disk, the network which makes others and various signals spread is also included.

[0033]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained to a detail through the gestalt of implementation of invention. Not all the combination of the description of the following operation

gestalten that do not limit invention concerning a claim and are explained in the operation gestalt is necessarily indispensable for the solution means of invention.

[0034] The underlying concept of this invention is using an oscillating phenomenon, and is detecting the condition (the existence of the liquid in a liquid container, the amount of a liquid, the water level of a liquid, the class of liquid, and the presentation of a liquid being included) of the liquid in a liquid container.

[0035] Some approaches can be considered as the concrete detection approach of the condition of the liquid in the liquid container using an oscillating phenomenon. For example, an elastic wave is generated to the interior of a liquid container with an elastic wave generating means, and there is a method of detecting the medium in a liquid container and change of the condition by receiving the reflected wave reflected with an oil level or the wall which counters. Moreover, there is also the approach of detecting change of an acoustic impedance from the oscillation characteristic of the vibrating body.

[0036] There is the approach of detecting change of an acoustic impedance by detecting resonance frequency or the back EMF wave amplitude by vibrating the oscillating section of the piezoelectric device or actuator which has a piezoelectric device as an approach of using change of an acoustic impedance, and measuring after that back EMF produced by the residual vibration which remains in the oscillating section. Or the impedance characteristic or admittance property of a liquid is measured with impedance analyzers, such as a measurement machine, for example, a propagation circuit etc., and there is the approach of measuring change by the frequency of the current value when giving a current value, an electrical-potential-difference value change, or vibration to a liquid or an electrical-potential-difference value.

[0037] Hereafter, the detail of the principle of operation of a piezoelectric device or an actuator is explained. Drawing 1 and drawing 2 show the detail and equal circuit of an actuator 106 which are 1 operation gestalt of a piezoelectric device.

[0038] This actuator 106 detects change of an acoustic impedance at least, and is used for the approach of detecting the consumption condition of the liquid in a liquid container. Change of an acoustic impedance is detected by detecting resonance frequency by residual vibration especially, and it is used for the approach of detecting the consumption condition of the liquid in a liquid container.

[0039] Drawing 1 (A) is the expansion top view of an actuator 106. Drawing 1 (B) shows the B-B cross section of an actuator 106. Drawing 1 (C) shows the C-C cross section of an actuator 106. Furthermore, drawing 2 (A) and drawing 2 (B) show the equal circuit of an actuator 106. Moreover, drawing 2 (C) and drawing 2 (D) show the circumference containing the actuator 106 when ink is filled in the ink cartridge, respectively, and its equal circuit, and drawing 2 (E) and drawing 2 (F) show the circumference containing the actuator 106 in case there is no ink into an ink cartridge, respectively, and its equal circuit.

[0040] The substrate 178 with which an actuator 106 has the opening 161 of a circle configuration in the center mostly, The diaphragm 176 arranged in one field (henceforth a front face) of a substrate 178 so that opening 161 may be covered, The piezo-electric layer 160 arranged at the front-face side of a diaphragm 176, and the up electrode 164 and the lower electrode 166 which inserts the piezo-electric layer 160 from both, It has the auxiliary electrode 172 which is arranged between the up electrode terminal 168 electrically combined with the up electrode 164, the lower electrode terminal 170 electrically combined with the lower electrode 166, and the up electrode 164 and the up electrode terminal 168, and combines both electrically.

[0041] The piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 have a circular part as each principal part. And each circular part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms the piezoelectric device.

[0042] A diaphragm 176 is formed in the front face of a substrate 178 so that opening 161 may be covered.

[0043] A cavity 162 is formed of opening 161, the part of the facing diaphragm 176, and the opening 161 of a substrate 178. With the piezoelectric device, the field (henceforth a rear face) of the substrate 178 of the opposite side faces the method of the inside of a liquid container. Thereby, the cavity 162 is constituted so that a liquid may be contacted. in addition, even if a liquid enters in a cavity 162, a liquid does not leak to the front-face side of a substrate 178 — as — a diaphragm 176 —

— a substrate 178 — receiving — liquid — it is attached densely.

[0044] The lower electrode 166 is located in the front face (a liquid container is the field of the opposite side) of a diaphragm 176. The core of a circular part and the core of opening 161 which are the principal part of the lower electrode 166 are attached so that it may be mostly in agreement. In addition, the area of the circular part of the lower electrode 166 is set up so that it may become smaller than the area of opening 161.

[0045] On the other hand, the piezo-electric layer 160 is arranged at the front-face side of the lower electrode 166 so that the core of the circular part and the core of opening 161 may be mostly in agreement (formation). In this case, the area of the circular part of the piezo-electric layer 160 is set up so that it may become larger than the area of the circular part of the lower electrode 166 smaller than the area of opening 161.

[0046] On the other hand, it is arranged at the front-face side of the piezo-electric layer 160 so that the core of a circular part and the core of opening 161 that the up electrode 164 is the principal part may be mostly in agreement (formation). The area of the circular part of the up electrode 164 is set up so that it may become larger than the area of the circular part of the lower electrode 166 smaller than the area of the circular parts of opening 161 and the piezo-electric layer 160.

[0047] Therefore, the principal part of the piezo-electric layer 160 has structure inserted and crowded from a front-face and rear-face side, respectively by the principal part of the up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166. Thereby, the deformation drive of the piezo-electric layer 160 may be carried out effectively. The circular part which is each principal part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms the piezoelectric device in an actuator 106.

[0048] As mentioned above, such a piezoelectric device is in contact with the diaphragm 176. Moreover, opening 161 has the largest area among the circular parts of the circular parts of the circular part of the up electrode 164, and the piezo-electric layer 160, and the lower electrode 166, and opening 161. The oscillating field which actually vibrates among diaphragms 176 for such structure is determined by opening 161.

[0049] Moreover, a diaphragm 176 is easier to vibrate according to each area of the circular parts of the circular part of the up electrode 164 and the piezo-electric layer 160 and the circular part of the lower electrode 166 being smaller than the area of opening 161.

[0050] Furthermore, the circular part of the lower electrode 166 is smaller among the circular part of the lower electrode 166 electrically connected with the piezo-electric layer 160, and the circular part of the up electrode 164. Therefore, the circular part of the lower terminal 166 determines the part which generates the piezo-electric effect among the piezo-electric layers 160.

[0051] The core of the circular parts of the piezo-electric layer 160 which forms a piezoelectric device, the up electrode 164, and the lower electrode 166 corresponds with the core of opening 161 mostly. moreover, the core of the opening 161 of a circle configuration of determining the vibrating part of a diaphragm 176 — the whole of an actuator 106 — it is mostly located at the core. Therefore, the core of the oscillating section of an actuator 106 is mostly in agreement with the core of an actuator.

[0052] Furthermore, since the principal piece of a piezoelectric device and the vibrating part of a diaphragm 176 have a circular configuration, the oscillating section of an actuator 106 is a symmetrical configuration to the core of an actuator 106.

[0053] To the core of an actuator 106, since the oscillating section is a symmetrical configuration, it does not excite an unnecessary vibration which may be produced from the asymmetry of structure. For this reason, the detection precision of resonance frequency improves.

[0054] Furthermore, since the oscillating section is a symmetrical configuration to the core of an actuator 106, manufacture is easy and can make small dispersion in the configuration for every piezoelectric device. Therefore, dispersion in the resonance frequency for every piezoelectric device becomes small.

[0055] Moreover, since the oscillating section is an isotropic configuration, in the case of adhesion, it is hard to be influenced of dispersion in immobilization, and a liquid container can be pasted equally. That is, the mounting nature to the liquid container of an actuator 106 is good.

[0056] Furthermore, since it has a configuration with the circular vibrating part of a diaphragm 176, in

the resonance mode of the residual vibration of the piezo-electric layer 160, the resonance mode of a low degree, for example, primary, becomes dominant. That is, a single peak appears in the resonance mode of residual vibration. Therefore, since a peak and a noise are clearly distinguishable, resonance frequency is clearly detectable.

[0057] Moreover, by enlarging area of the vibrating part of the diaphragm 176 of a circular configuration, the difference of the back EMF wave amplitude and the amplitude of the resonance frequency by the existence of a liquid becomes large, and can improve the precision of detection of resonance frequency further.

[0058] The variation rate by vibration of a diaphragm 176 is farther [than the variation rate by vibration of a substrate 178] large. That is, an actuator 106 has the two-layer structure of the small (it is hard to displace by vibration) substrate 178 of compliance, and the large (it is easy to displace by vibration) diaphragm 176 of compliance. The variation rate of a diaphragm 176 can be enlarged according to this two-layer structure, certainly being fixed to a liquid container by the substrate 178. For this reason, the difference of the back EMF wave amplitude and the amplitude of the resonance frequency by the existence of a liquid becomes large, and the precision of detection of resonance frequency can be improved.

[0059] Furthermore, since the compliance of a diaphragm 176 is large, attenuation of vibration becomes small and the precision of detection of resonance frequency can be improved.

[0060] Moreover, the knot of vibration of an actuator 106 is located the periphery section of a cavity 162, i.e., near the edge of opening 161.

[0061] The up electrode terminal 168 is formed in the front-face side of a diaphragm 176 so that it may connect with the up electrode 164 electrically through an auxiliary electrode 172. On the other hand, the lower electrode terminal 170 is formed in the front-face side of a diaphragm 176 so that it may connect with the lower electrode 166 electrically. Since the up electrode 164 is formed in the front-face side of the piezo-electric layer 160, it needs to have a level difference equal to the sum of the thickness of the piezo-electric layer 160, and the thickness of the lower electrode 166 while connecting with the up electrode terminal 168. It is difficult to form this level difference only with the up electrode 164. Even if it is possible to form a level difference in a loan only with the up electrode 164, the connection condition of the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 becomes weak, and there is risk of cutting. Then, the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 are connected, using an auxiliary electrode 172 as an auxiliary member. It becomes possible for the piezo-electric layer 160 and the up electrode 164 to serve as structure supported by the auxiliary electrode 172, and to be able to obtain a desired mechanical strength, and to ensure connection between the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 by doing in this way.

[0062] In addition, the oscillating field which faces a piezoelectric device and the piezoelectric device of the diaphragms 176 is the oscillating section which actually vibrates in an actuator 106. Moreover, as for the member contained in an actuator 106, being formed in one is desirable by being calcinated mutually. By forming an actuator 106 in one, the handling of an actuator 106 becomes easy.

[0063] Furthermore, an oscillation characteristic may improve by raising the reinforcement of a substrate 178. That is, by raising the reinforcement of a substrate 178, only the oscillating section of an actuator 106 vibrates and any parts other than the oscillating section do not vibrate among actuators 106. Moreover, in order for any parts other than the oscillating section of an actuator 106 not to vibrate, while making the piezoelectric device of an actuator 106 thinly and small in addition to raising the reinforcement of a substrate 178, it is also effective to make a diaphragm 176 thin.

[0064] It is desirable to use PZT (PZT), the PZT lanthanum (PLZT), or the lead loess piezoelectric film that does not use lead as an ingredient of the piezo-electric layer 160. As an ingredient of a substrate 178, it is desirable to use a zirconia or an alumina. Moreover, it is desirable to use the same ingredient as a substrate 178 for a diaphragm 176. Metals, such as the ingredient which has conductivity, for example, gold, silver, copper, platinum, aluminum, and nickel, can be used for the up electrode 164, the lower electrode 166, the up electrode terminal 168, and the lower electrode terminal 170.

[0065] The actuator 106 constituted as mentioned above is applicable to the container which holds a liquid. For example, the container which held the penetrant remover for washing the ink cartridge and ink tank which are used for an ink jet recording apparatus, or a recording head can be equipped.

[0066] The predetermined location of a liquid container is equipped with the actuator 106 shown in drawing 1 and drawing 2 so that the liquid with which a cavity 162 is held in a liquid container may be contacted. When the liquid is fully held in the liquid container, the inside of a cavity 162 and its outside are filled by the liquid.

[0067] If the liquid of a liquid container is consumed and an oil level descends below to the stowed position of an actuator, or it will be in the condition that a liquid does not exist in a cavity 162, on the other hand, a liquid remains only in a cavity 162 and it will be in the condition that a gas exists on the outside.

[0068] An actuator 106 detects the difference of an acoustic impedance as it is [originating in change of this condition, and] few. By it, an actuator 106 can detect whether it is in the condition that the liquid is fully held in the liquid container, or it is in the condition that a certain liquid more than fixed was consumed. Furthermore, an actuator 106 can also detect the class of liquid in a liquid container.

[0069] Here, the principle of the oil-level detection by the actuator is explained. In order to detect change of the acoustic impedance of a medium, the impedance characteristic or admittance property of a medium is measured. A propagation circuit can be used when measuring an impedance characteristic or an admittance property. A propagation circuit impresses the periodic electrical potential difference of the fixed amplitude to a medium, and measures the current which changes the frequency and flows to a medium. Or a propagation circuit supplies the periodic current of the fixed amplitude to a medium, changes the frequency, and measures the electrical potential difference of a medium. The current value or electrical-potential-difference value change measured by the propagation circuit shows change of an acoustic impedance. Moreover, change of the frequency f_m from which a current value or an electrical-potential-difference value serves as the maximum or the minimum also shows change of an acoustic impedance.

[0070] Apart from the above-mentioned approach, an actuator 106 can detect change of the acoustic impedance of a liquid using change of resonance frequency. Resonance frequency is detectable by measuring back EMF produced by the residual vibration which remains in the oscillating section, after the oscillating section of an actuator vibrates. The above piezoelectric devices can be used in this case.

[0071] The aforementioned piezoelectric device generates back EMF by the residual vibration which remains in the oscillating section of an actuator. The magnitude of back EMF changes with the amplitude of the oscillating section of an actuator. Therefore, detection is so easy that the amplitude of the oscillating section of an actuator is large. Moreover, the period from which the magnitude of back EMF changes changes with the frequency of the residual vibration in the oscillating section of an actuator. That is, the frequency of the oscillating section of an actuator is equivalent to the frequency of back EMF. Here, resonance frequency says the frequency in the resonance state with the medium which touches the oscillating section and the oscillating section of an actuator.

[0072] In order to obtain resonance frequency f_s , the Fourier transform of the wave acquired by the back EMF measurement in case the oscillating section and a medium are the resonance state is carried out. Since vibration of an actuator is accompanied not by deformation of only an one direction but by various deformation, such as a deflection and expanding, it has various frequencies including resonance frequency f_s . Therefore, the Fourier transform of the wave of back EMF in case a piezoelectric device (oscillating section) and a medium are the resonance state is carried out, and resonance frequency f_s is judged by specifying the most dominant frequency component.

[0073] In the frequency f_m at the time of being the minimum, the admittance of a medium changes in the maximum or an impedance slightly to resonance frequency f_s with dielectric loss or mechanical losses of a medium etc. However, since time and effort is taken, generally deriving resonance frequency f_s from the frequency f_m surveyed uses a frequency f_m instead of resonance frequency f_s . Here, an actuator 106 can detect an acoustic impedance at least in inputting the output of an actuator 106 into a propagation circuit.

[0074] In addition, it is proved to be the approach of measuring resonance frequency f_s by experiment by measuring the approach of measuring the impedance characteristic or admittance property of a medium, and measuring a frequency f_m , and back EMF produced by residual vibration vibration in the oscillating section of an actuator that there is almost no difference in the resonance frequency

specified as be alike.

[0075] The oscillating field of an actuator 106 is a part which constitutes the cavity 162 determined by opening 161 among diaphragms 176. When the liquid is fully held in the liquid container, in a cavity 162, a liquid is filled and the oscillating field touches the liquid in a liquid container. On the other hand, when there is no enough liquid into a liquid container, an oscillating field does not contact a liquid in contact with the liquid which remained in the cavity in a liquid container, but contacts a gas or a vacuum.

[0076] The cavity 162 is formed in the actuator 106 of this invention. Thereby, it can design so that the liquid in a liquid container may remain in the oscillating field of an actuator 106. The reason is as follows.

[0077] Although there is an oil level of the liquid in a liquid container caudad depending on [stowed position / of an actuator] whenever [installation location / to the liquid container of an actuator 106 / , or setting-angle], a liquid may adhere to the oscillating field of an actuator. In detecting the existence of a liquid only from the existence of the liquid in an oscillating field, the liquid which adheres to the oscillating field of an actuator in this way bars exact detection of the existence of a liquid.

[0078] for example, the time of the condition that there is an oil level caudad rather than the stowed position of an actuator — both-way migration of carriage etc. — a liquid container — rocking — a liquid — a wave — inside, if a drop adheres to an oscillating field, an actuator will make a judgment which if liquids of enough are in a liquid container mistook.

[0079] So, in an actuator 106, even if it is the case where the liquid remains to the oscillating field and an oil level is [a liquid container rocks and] choppy by preparing a cavity positively so that the existence of a liquid may be detected correctly, malfunction of an actuator can be prevented. Thus, malfunction can be prevented by using the actuator which has a cavity.

[0080] Moreover, as shown in drawing 2 (E), there is no liquid into a liquid container and let the case where the liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106 be the threshold of the existence of a liquid. That is, there is no liquid around a cavity 162 and it judges that he has no ink when there are few liquids in a cavity than this threshold, a liquid is around a cavity 162, and when there are more liquids than this threshold, it is judged as those with ink.

[0081] For example, when the side attachment wall of a liquid container is equipped with an actuator 106, the case where the liquid in a liquid container is below the stowed position of an actuator is judged to have no ink, and the case where the liquid in a liquid container is above the stowed position of an actuator is judged to be those with ink.

[0082] Thus, by setting up a threshold, even if it is a time of the ink in a cavity drying and ink being lost, it can judge that he has no ink, and even if ink adheres to a cavity again in the shake of carriage etc. at the place whose ink in a cavity was lost, it can be judged that he has no ink (since a threshold is not exceeded).

[0083] Here, the actuation and the principle which detect the condition of the liquid in a liquid container are explained from the resonance frequency of the medium and the oscillating section of an actuator 106 which are obtained by measurement of back EMF, referring to drawing 1 and drawing 2 .

[0084] In an actuator 106, an electrical potential difference is impressed to the up electrode 164 and the lower electrode 166 through the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170, respectively. For this reason, electric field arise into the part pinched by the up electrode 164 and the lower electrode 166 among the piezo-electric layers 160. The piezo-electric layer 160 deforms by this electric field. When the piezo-electric layer 160 deforms, the oscillating field of the diaphragms 176 oscillates flexurally. After the piezo-electric layer 160 deforms, flexural oscillation remains in the oscillating section of an actuator 106 for the time being.

[0085] Residual vibration is the free vibration of the oscillating section of an actuator 106, and a medium. Therefore, the resonance state of the oscillating section after impressing an electrical potential difference, and a medium can be easily acquired by making into pulse shape or a square wave the electrical potential difference impressed to the piezo-electric layer 160. Residual vibration is vibration of the oscillating section of an actuator 106, and is accompanied by deformation of the piezo-electric layer 160. For this reason, the piezo-electric layer 160 generates back EMF. This back EMF is detected through the up electrode 164, the lower electrode 166, the up electrode terminal 168,

and the lower electrode terminal 170. Resonance frequency can be specified according to detected back EMF. Based on this resonance frequency, the condition of the liquid in a liquid container is detectable.

[0086] Generally, it is resonance frequency f_s . $f_s = 1 / (2\pi \sqrt{M \times C_{act}})$ (formula 1)

It is come out and expressed. Here, M is the sum of the inertance M_{act} of the oscillating section, and addition inertance M' . C_{act} is the compliance of the oscillating section.

[0087] Drawing 1 (C) is the sectional view of the actuator 106 when ink does not remain in a cavity 162 in this example. Drawing 2 (A) and drawing 2 (B) are the oscillating section of the actuator 106 when ink does not remain in a cavity, and the equal circuit of a cavity 162.

[0088] M_{act} should be the product of the thickness of the oscillating section, and the consistency of the oscillating section in the area of the oscillating section, and should show it to a detail at drawing 2 (A). $M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib}$ (formula 2)

It is expressed.

[0089] Here, M_{pzt} is the product of the thickness of the piezo-electric layer 160 and the consistency of the piezo-electric layer 160 in the oscillating section in the area of the piezo-electric layer 160. $M_{electrode1}$ is the product of the thickness of the up electrode 164 and the consistency of the up electrode 164 in the oscillating section in the area of the up electrode 164. $M_{electrode2}$ is the product of the thickness of the lower electrode 166 and the consistency of the lower electrode 166 in the oscillating section in the area of the lower electrode 166. M_{vib} is the product of the thickness of a diaphragm 176 and the consistency of a diaphragm 176 in the oscillating section in the area of the oscillating field of a diaphragm 176.

[0090] However, although each area of the oscillating field of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176 has the above size relation so that M_{act} can be computed from the thickness, the consistency, and area as the whole oscillating section, the minute thing of the difference of a mutual area is desirable.

[0091] Moreover, as for parts other than the circular part which are those principal parts, in this example, it is desirable in the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 that it is so minute that it can ignore to the principal part. Therefore, in an actuator 106, M_{act} is the sum of each inertance of the up electrode 164, the lower electrode 166, the piezo-electric layer 160, and the oscillating field of the diaphragms 176. Moreover, Compliance C_{act} is the compliance of the part formed of the up electrode 164, the lower electrode 166, the piezo-electric layer 160, and the oscillating field of the diaphragms 176.

[0092] In addition, although drawing 2 (A), drawing 2 (B), drawing 2 (D), and drawing 2 (F) show the oscillating section of an actuator 106, and the equal circuit of a cavity 162, in these equal circuits, C_{act} shows the compliance of the oscillating section of an actuator 106. C_{pzt} , $C_{electrode1}$ and $C_{electrode2}$, and C_{vib} show the compliance of the piezo-electric layer 160 in the oscillating section, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176, respectively. C_{act} is expressed with the following formulas 3.

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + 1/C_{vib} \text{ (formula 3)}$$

From a formula 2 and a formula 3, drawing 2 (A) can also be expressed like drawing 2 (B).

[0093] Compliance C_{act} expresses the volume of the medium which can be received according to the deformation when putting a pressure on an unit area. That is, Compliance C_{act} expresses the ease of carrying out of deformation.

[0094] A liquid is fully held in a liquid container and drawing 2 (C) shows the sectional view of the actuator 106 in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106. A liquid is fully held in a liquid container and M'_{max} of drawing 2 (C) expresses the maximum of an addition inertance (what is the additional mass (mass which affects vibration of an oscillating field) by the square of area) in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106. M'_{max} is $M'_{max} = (\rho \times \pi \times r^3) \times (2 \times (2 \times k \times a^3 / (3 \times \pi))) / (\pi \times a^2)$ (formula 4) (a is [the consistency of a medium and k of the radius of the oscillating section and ρ] the wave numbers.) It is expressed.

[0095] In addition, a formula 4 is materialized when the radius a of the oscillating field of an actuator 106 is circular. Addition inertance M' is an amount which shows that the mass of the oscillating section is increasing seemingly by the medium near the oscillating section. As shown in a formula 4,

M'_{\max} changes with the radius a of the oscillating section, and the consistencies ρ of a medium a lot.

[0096] Wave number $k = 2\pi \text{pixfact}/c$ (formula 5)

(fact is the resonance frequency of the oscillating section.) c It is the rate of the sound which spreads the inside of $**$ and a medium. It is expressed.

[0097] A liquid is fully held in a liquid container and drawing 2 (D) shows the oscillating section of the actuator 106 in the case of being drawing 2 (C) with which the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106, and the equal circuit of a cavity 162.

[0098] Although the liquid of a liquid container is consumed and drawing 2 (E) does not have a liquid around the oscillating field of an actuator 106, in the cavity 162 of an actuator 106, the sectional view of the actuator 106 when the liquid remains is shown.

[0099] A formula 4 is a formula showing the greatest inertance M'_{\max} determined from the consistency ρ of ink etc., when the liquid is filled by the liquid container. Generally addition inertance M' when the liquid a liquid is around the oscillating field of an actuator 106 on the other hand, the liquid in a liquid container being consumed and remaining in a cavity 162 is permuted by the gas or the vacuum is $M' = \rho \text{hox}t/S$. (formula 6)

It can express (in detail the formula 8 below-mentioned reference). Here, t is the thickness of the medium in connection with vibration. S is the area of the oscillating field of an actuator 106. case the radius a of an oscillating field is circular — $S = \pi a^2$ it is .

[0100] Therefore, addition inertance M' follows a formula 4, when a liquid is fully held in a liquid container and the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106. On the other hand, a liquid is consumed, and a formula 6 is followed when the liquid around the oscillating field of an actuator 106 is permuted by the gas or the vacuum, a liquid remaining in a cavity 162.

[0101] Here, although the liquid of a liquid container is consumed and there is no liquid around the oscillating field of an actuator 106 like drawing 2 (E), addition inertance M' when the liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106 is made into M'_{cav} for convenience, and is distinguished from addition inertance M'_{\max} in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106.

[0102] Although the liquid of a liquid container is consumed and drawing 2 (F) does not have a liquid around the oscillating field of an actuator 106, in the cavity 162 of an actuator 106, the oscillating section of the actuator 106 in the case of being drawing 2 (E) in which the liquid remains, and the equal circuit of a cavity 162 are shown.

[0103] Here, the parameters related to the condition of a medium are the consistency ρ of a medium, and thickness [of a medium] t in a formula 6. When the liquid is fully held in the liquid container, a liquid contacts the oscillating section of an actuator 106. On the other hand, when the liquid is not fully held in the liquid container, a liquid remains inside a cavity or a gas or a vacuum contacts the oscillating section of an actuator 106. The surrounding liquid of an actuator 106 is consumed and addition inertance M'_{var} in the process which shifts to M'_{cav} of drawing 2 (E) changes with the hold conditions of the liquid in a liquid container from M'_{\max} of drawing 2 (C) in connection with thickness t of the consistency ρ of a medium and a medium changing. Thereby, resonance frequency f_s also changes. Therefore, the hold condition (existence) of the liquid in a liquid container is detectable by specifying resonance frequency f_s .

[0104] As shown in drawing 2 (E), when it considers as $t=d$ here and M'_{cav} is expressed using a formula 6, depth d of a cavity is substituted for t of a formula 6, and it is $M'_{\text{cav}} = \rho \text{hox}d/S$. (formula 7) It becomes.

[0105] Moreover, if a medium is a liquid with which classes differ mutually, since a consistency ρ changes with differences in a presentation, addition inertance M' differs from resonance frequency f_s . Therefore, the class of liquid is detectable by specifying resonance frequency f_s .

[0106] Drawing 3 (A) is a graph which shows relation with the resonance frequency f_s of the amount of the ink in an ink tank, ink, and the oscillating section. Here, ink is explained as one example of a liquid. An axis of ordinate shows resonance frequency f_s , and an axis of abscissa shows the amount of ink. When an ink presentation is fixed, resonance frequency f_s rises with the fall of an ink residue.

[0107] When ink is fully held in an ink container and ink is filled around the oscillating field of an actuator 106, the maximum addition inertance M'_{\max} serves as a value expressed to a formula 4. On the other hand, when ink is not filled around the oscillating field of an actuator 106, ink being

consumed and a liquid remaining in a cavity 162, it is addition inertance M'_{var} . It is computed by the formula 6 based on thickness t of a medium. The process in which ink is consumed gradually is also detectable by t in a formula 6 being small in d (referring to drawing 1 (B)) of the cavity 162 of the actuator 106 with which a liquid remains since it is the thickness of the medium in connection with vibration, namely, making a substrate 178 thin enough (refer to drawing 2 (C)). Here, t_{ink} considers as the thickness of the ink in connection with vibration, and sets $t_{ink-max}$ to t_{ink} in M'_{max} .

[0108] For example, an actuator 106 is arranged almost horizontally to the oil level of ink on the base of an ink cartridge. In this case, if ink is consumed and the oil level of ink becomes below the height of $t_{ink-max}$ from an actuator 106, M'_{var} will change with formulas 6 gradually and resonance frequency f_s will change with formulas 1 gradually. Therefore, as long as the oil level of ink is within the limits of t , as for an actuator 106, the consumption condition of ink is detectable gradually.

[0109] Or an actuator 106 may be arranged almost perpendicularly by the side attachment wall of an ink cartridge to the oil level of ink. In this case, if ink is consumed and the oil level of ink arrives at the oscillating field of an actuator 106, addition inertance M' will decrease with the fall of water level. Thereby, resonance frequency f_s increases gradually by the formula 1. Therefore, as long as the oil level of ink is within the limits of diameter $2a$ (refer to drawing 2 (C)) of a cavity 162, as for an actuator 106, the consumption condition of ink is detectable gradually.

[0110] The curve X of drawing 3 (A) expresses relation with the resonance frequency f_s of the amount of the ink held in the ink tank the case where the cavity 162 of the actuator 106 arranged on the base is made shallow enough, and at the time of making greatly enough or long the oscillating field of the actuator 106 arranged at the side attachment wall, ink, and the oscillating section. While the amount of the ink in an ink tank decreases, he can understand signs that the resonance frequency f_s of ink and the oscillating section changes gradually.

[0111] The case where the process in which ink is consumed gradually is detectable in a detail is a case where both the liquids and gases from which a consistency differs mutually exist, and it is concerned with vibration, in the circumference of the oscillating field of an actuator 106 more. While liquids decrease in number, a gas increases the medium on the circumference of an oscillating field of an actuator 106, and in connection with vibration, as ink is consumed gradually.

[0112] For example, it is the case where an actuator 106 is horizontally arranged to the oil level of ink, and is t_{ink} . When smaller than $t_{ink-max}$, the medium in connection with vibration of an actuator 106 contains both ink and a gas. Therefore, when the condition of having become below M'_{max} of a formula 4 is expressed with the additional mass of ink and a gas using the area S of the oscillating field of an actuator 106, it is. $M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} x t_{air} / S + \rho_{ink} x t_{ink} / S$ (formula 8)

It becomes. Here, M'_{air} is the inertance of air and M'_{ink} is the inertance of ink. ρ_{air} is the consistency of air and ρ_{ink} is the consistency of ink. t_{air} is the thickness of the air in connection with vibration, and t_{ink} is the thickness of the ink in connection with vibration.

[0113] When the actuator 106 is arranged almost horizontally to the oil level of ink as liquids decrease in number among the media in connection with the vibration in the circumference of an oscillating field of an actuator 106 and a gas increases, t_{air} increases and t_{ink} decreases. By it, M'_{var} decreases gradually and resonance frequency increases gradually. Therefore, the amount of the ink which remains in an ink tank, or the consumption of ink is detectable. In addition, in a formula 7, it is the formula of only the consistency of a liquid because the case of being so small that the consistency of air being disregarded is assumed to the consistency of a liquid.

[0114] When the actuator 106 is arranged almost perpendicularly to the oil level of ink, the media in connection with vibration of an actuator 106 are considered to be the field of only ink, and the equal circuit (not shown) of juxtaposition of the medium in connection with vibration of an actuator 106 with a gaseous field among the oscillating fields of an actuator 106. If the medium in connection with vibration of an actuator 106 sets area of the field of only ink to S_{ink} and the medium in connection with vibration of an actuator 106 sets area of a gaseous field to S_{air} $1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air} / (\rho_{air} x t_{air}) + S_{ink} / (\rho_{ink} x t_{ink})$ (formula 9)

It becomes.

[0115] In addition, a formula 9 is applied when ink is not held at the cavity of an actuator 106. It is M'_{cav} of M' and a formula 7 according to a formula 9 about an addition inertance in case ink is held at the cavity of an actuator 106. It is calculable with the sum.

[0116] Vibration of an actuator 106 cannot detect the process in which ink decreases in number gradually, when the actuator 106 is arranged on the base with extent with the depth slightly smaller than $t_{ink-max}$ in which ink remains, since it changes to the depth (d) in which ink remains from the depth of $t_{ink-max}$. In this case, it detects that the amount of ink changed from oscillating change of the actuator in the slight amount change of ink to depth d which remains from $t_{ink-max}$. Moreover, since oscillating change of an actuator when the path of opening (cavity) is small, while it is arranged on a side face, and passing opening is a minute amount, it is difficult to detect the amount of ink of a passage process, and a liquid ink side detects a top [opening] or the bottom.

[0117] For example, the curve Y of drawing 3 (A) shows relation with the resonance frequency f_s of the amount of the ink in the ink tank in the case of a small circular oscillating field, ink, and the oscillating section. Between the differences Q of the amount of ink before and after the oil level of the ink in an ink tank passes through the stowed position of an actuator, signs that the resonance frequency f_s of ink and the oscillating section is changing violently are shown. From this, it is detectable in an ink tank whether ink is carrying out specified quantity survival in binary.

[0118] Since the method of detecting the existence of a liquid using an actuator 106 detects the existence of ink because a diaphragm 176 contacts a liquid and directly, compared with the approach of calculating the consumption of ink with software, its detection precision is high. Furthermore, although the approach conductivity detects the existence of ink using an electrode may be influenced according to the attaching position of the electrode to a liquid container, and the class of ink, the approach of detecting the existence of a liquid using an actuator 106 is hard to be influenced according to the attaching position of the actuator 106 to a liquid container, and the class of ink.

[0119] Furthermore, since the both sides of an oscillation and detection of the existence of a liquid can be carried out using the single actuator 106, as compared with the approach of carrying out oscillation and detection of the existence of a liquid using a different sensor, the number of the sensors attached in a liquid container can be decreased. Therefore, a liquid container can be manufactured cheaply. In addition, it is desirable that it is [sound / which an actuator 106 generates working] quiet by setting the oscillation frequency of the piezo-electric layer 160 as a non-audible field.

[0120] Drawing 3 (B) shows an example of relation with the resonance frequency f_s of the consistency of ink, ink, and the oscillating section. Here, ink is explained as an example of a liquid, and "ink **" and "ink sky" mean two relative conditions, and do not mean the so-called ink full condition and ink, and a condition. As shown in drawing 3 (B), when an ink consistency is high, since an addition inertance becomes large, resonance frequency f_s falls. That is, resonance frequency f_s changes with classes of ink. Therefore, in case it is re-filled up with ink by measuring resonance frequency f_s , it can check whether the ink in which consistencies differed is mixed. That is, the ink tank which holds the ink in which classes differ mutually is discriminable.

[0121] Then, when the size and the configuration of a cavity are set up so that a liquid may remain in the cavity 162 of an actuator 106 even if the liquid in a liquid container is the state of the sky, the conditions which can detect the condition of a liquid correctly are explained in full detail. If the condition of a liquid can be detected when the liquid is filled in the cavity 162, an actuator 106 can detect the condition of a liquid, even if it is the case where the liquid is not filled in the cavity 162.

[0122] Resonance frequency f_s is a function of Inertance M. Inertance M is the sum of the inertance M_{act} of the oscillating section, and addition inertance M' . Here, addition inertance M' is related to the condition of a liquid. Addition inertance M' is an amount which shows that the mass of the oscillating section is increasing seemingly by the medium near the oscillating section. That is, the increment of the mass of the oscillating section by what (the inertance in connection with vibration increases) a medium is seemingly absorbed for by vibration of the oscillating section is said.

[0123] Therefore, $M'_{cav} M'_{max}$ in a formula 4 When large, all the media absorbed seemingly are liquids which remain in a cavity 162. Therefore, it is the same as the condition that the liquid is filled in the liquid container. In this case, the medium in connection with vibration is M'_{max} . Since it does not become small, change is undetectable even if ink is consumed.

[0124] On the other hand, when M'_{cav} is smaller than M'_{max} in a formula 4, the medium absorbed seemingly is the gas or vacuum in the liquid which remains in a cavity 162, and a liquid container. Since M' changes unlike the condition that the liquid is filled in the liquid container at this time,

resonance frequency f_s changes. Therefore, an actuator 106 can detect the condition of the liquid in a liquid container.

[0125] That is, the liquid in a liquid container is the state of the sky, and when a liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106, the conditions on which an actuator 106 can detect the condition of a liquid correctly are that M'_{cav} is smaller than M'_{max} . In addition, condition $M'_{max} > M'_{cav}$ to which an actuator 106 can detect the condition of a liquid correctly is not concerned with the configuration of a cavity 162.

[0126] Here, it is M'_{cav} . It is the mass inertance of the liquid of a capacity almost equal to the capacity of a cavity 162. Therefore, $M'_{max} > M'_{cav}$. From inequality, an actuator 106 can express the conditions which can detect the condition of a liquid correctly as conditions for the capacity of a cavity 162. For example, when the radius of the opening 161 of the cavity 162 of a circle configuration is set to a and the depth of a cavity 162 is set to d , it is $M'_{max} > \rho h o x d / \pi a^2$. (formula 10)

It comes out. When a formula 10 is developed, it is $a/d > 3\pi/8$. (formula 11)

The conditions to say are searched for. Therefore, if it is the actuator 106 which has the cavity 162 which are the radius a of the opening 161 which fills a formula 11, and depth [of a cavity 162] d , even if the liquid in a liquid container is the state of the sky and it is the case where a liquid remains in a cavity 162, the condition of a liquid can be detected, without incorrect-operating.

[0127] In addition, when the configuration of a cavity 162 is circular, a formula 10 and a formula 11 are restricted and are materialized. The formula of M'_{max} which corresponds when the configuration of a cavity 162 is not circular is used, and it is πa^2 in a formula 10. If it calculates by replacing with the area, the relation between dimensions, such as width of face of a cavity and die length, and the depth can be drawn.

[0128] In addition, it can be said that the approach of measuring back EMF generated in an actuator 106 by residual vibration has detected change of an acoustic impedance at least since addition inertance M' also influences an acoustic-impedance property.

[0129] Moreover, according to this example, back EMF which an actuator 106 generates vibration and generates in an actuator 106 by subsequent residual vibration is measured. However, it is not necessarily required for the oscillating section of an actuator 106 to give vibration to a liquid by its vibration by driver voltage. That is, if it vibrates with the liquid of a certain range in contact with it even if the oscillating section does not oscillate itself, the piezo-electric layer 160 will bend and will deform. This deflection deformation generates the back EMF electrical potential difference, and transmits that back EMF electrical potential difference to the up electrode 164 and the lower electrode 166. The condition of a medium may be detected by using this phenomenon. For example, it may set to an ink jet recording apparatus, and the condition of an ink tank or the ink of the interior may be detected using vibration around the oscillating section of the actuator generated with the reciprocating motion of the carriage by the scan of the print head at the time of printing.

[0130] Drawing 4 (A) Drawing 4 (B) and drawing 4 (C) show the wave of the residual vibration of an actuator 106 after vibrating an actuator 106, and the measuring method of residual vibration. the ink in the stowed position level of the actuator 106 in an ink cartridge — the upper and lower sides of water level are detectable with frequency change of the residual vibration after an actuator 106 oscillates, and change of the amplitude. Drawing 4 (A) Or in drawing 4 (C), an axis of ordinate shows the electrical potential difference of back EMF generated by the residual vibration of an actuator 106, and an axis of abscissa shows time amount. By the residual vibration of an actuator 106, it is drawing 4 (A). Or as shown in drawing 4 (C), the wave of the analog signal of an electrical potential difference occurs. Next, an analog signal is changed into the digital numeric value corresponding to the frequency of a signal. In the example shown in drawing 4 (A) thru/or drawing 4 (C), the time amount which four pulses to 8 pulse eye produce from 4 pulse eye of an analog signal is measured.

[0131] More, in a detail, after an actuator 106 oscillates, the count which crosses the predetermined reference voltage set up beforehand from a low-battery side to a high-voltage side is counted. And the digital signal which set the between from four counts to eight counts to High is generated, and the time amount from four counts to eight counts is measured by the predetermined clock pulse.

[0132] Drawing 4 (A) is a wave in case a liquid ink side is in a high order rather than the stowed position level of an actuator 106. On the other hand, drawing 4 (B) is a wave in case there is no ink in the stowed position level of an actuator 106. When drawing 4 (A) is compared with drawing 4 (B), in

drawing 4 (A), a ***** understands the time amount from four counts to eight counts from drawing 4 (B). A paraphrase changes the time amount from four counts to eight counts by the existence of ink. The consumption condition of ink is detectable using a difference of this time amount.

[0133] After vibration of an actuator 106 is stabilized, it counts for beginning measurement from 4 count eye of an analog wave. What it was presupposed that it is from 4 count eye is a mere example, and may count from the count of arbitration. Here, the signal from 4 count eye to 8 count eye was detected, and the time amount from 4 count eye to 8 count eye is measured by the predetermined clock pulse. It can ask for resonance frequency based on this time amount. For example, a clock pulse is a pulse of a clock equal to the clock for controlling the semiconductor memory attached in an ink cartridge. Moreover, there is no need of measuring the time amount to 8 count eye, and it may be counted to the count of arbitration. In drawing 4, although the time amount from 4 count eye to 8 count eye is measured, according to the circuitry which detects a frequency, the time amount in a different counting interval may be detected.

[0134] For example, when fluctuation of the amplitude of a peak is small, in order the quality of ink is stable, and to gather the rate of detection, you may ask for resonance frequency by detecting the time amount from 4 count eye to 6 count eye. Moreover, the quality of ink is unstable, and when fluctuation of the amplitude of a pulse is large, in order to detect residual vibration correctly, the time amount from 4 count eye to 12 count eye may be detected.

[0135] Moreover, the wave number of the voltage waveform of back EMF within a predetermined period may be counted as other examples (not shown). It can ask for resonance frequency also by this approach. More, after an actuator 106 oscillates, in a detail, only a predetermined period generates the digital signal which is High, and the count which crosses predetermined reference voltage from a low-battery side to a high-voltage side in the predetermined period concerned is counted in it. The existence of ink is detectable by measuring the number of counts.

[0136] Furthermore, the back EMF wave amplitudes differ by the case where there are not a case where ink is filled in the ink cartridge, and ink into an ink cartridge so that drawing 4 (A) and drawing 4 (B) may be compared and understood. Therefore, the consumption condition of the ink in an ink cartridge may be detected by measuring the back EMF wave amplitude, without asking for resonance frequency.

[0137] Top-most vertices and drawing 4 (B) of the back EMF wave [detail] of drawing 4 (A) more Reference voltage is set up between the top-most vertices of the back EMF wave. When only a predetermined period generates the digital signal which is High and the back EMF wave crosses reference voltage for it after the actuator 106 oscillated, it is judged that there is no ink. When the back EMF wave does not cross reference voltage, it is judged that there is ink.

[0138] Drawing 4 (C) shows the example which measured the time amount from 4 count eye of the pulse shape shown in drawing 4 (A) using the predetermined clock pulse to 8 count eye. In this drawing, the clock pulse has appeared by five counts from 4 count eye before 8 count eye (in fact, although the clock pulse for 200 counts appears from 100 counts, in order to simplify explanation here, few clock pulses explain). Since a clock pulse is a pulse which has a fixed period, it can measure time amount by counting the number of a clock pulse. It can ask for resonance frequency by measuring the time amount of a before [from 4 count eye / 8 count eye]. As for a clock pulse, it is desirable to have a period shorter than the period of the back EMF wave, for example, if about 400kHz of resonance frequency becomes, it is desirable that it is a clock pulse with high frequencies, such as 16 etc.MHz.

[0139] Drawing 5 shows the configuration of the recording device control section 2000 for controlling an ink jet recording device by an actuator 106 detecting change of an acoustic impedance based on the result which detected the consumption condition of the liquid in a liquid container 1, and was detected.

[0140] The record device-control section 2000 gives the electrical potential difference which drives an actuator 106 to the actuator 106 with which the liquid container 1 was equipped, and is equipped with the liquid consumption condition detecting element 1200 which detects the consumption condition of a liquid from change of the acoustic impedance which an actuator 106 detects as a result, and the control circuit section 1500 which control a recording apparatus based on the

detection result of the liquid existence which the liquid consumption condition detecting element 1200 outputs.

[0141] The control circuit section 1500 is further equipped with the control section 1400 which controls the recording device actuation control section 1402 based on the detection result of the liquid existence which the liquid consumption condition detecting element 1200 outputs, and the recording device actuation control section 1402 which controls actuation of a recording device based on directions of a control section 1400. The control circuit section 1500 is further equipped with the presentation processing section 1404 by which the actuation is controlled by the recording device actuation control section 1402, the printing actuation control section 1406, the ink supplement processing section 1408, the cartridge message-exchange section 1410, the print-data storage processing section 1412, and the printing data storage section 1414.

[0142] Although the record device control section 2000 may be formed in the interior of an ink jet recording apparatus, the function of a part of record device control section 2000 may be prepared outside. For example, the function of the control circuit section 1500 may be given to external devices, such as a computer connected to the recording device. Furthermore, the function of a part of recording device control section 2000 may be stored in a record medium as a program, and may be supplied. When the function of a part of recording device control section 2000 is improved later by supplying the function of a part of recording device control section 2000 to the computer connected to the recording device as a program in which it was stored by the record medium, the program which performs the newest function easily can be stored in the storage of a computer, and actuation of a recording device can always be controlled using the newest function.

[0143] Moreover, the function of a part of record device control section 2000 may be transmitted to the terminal of the computer connected to a recording apparatus through a telecommunication circuit as a program from information processors, such as a server. In this case, the newest function can come to hand from a server through a telecommunication circuit easily, and can be stored in the storage of a computer, and, thereby, a recording device can always perform the newest function.

[0144] The liquid consumption condition detecting element 1200 drives an actuator 106, and detects the existence of the liquid in a liquid container 1 from change of an acoustic impedance. For example, the liquid consumption condition detecting element 1200 has the measuring circuit section 800 which measures, back EMF, for example, the electrical-potential-difference value, which the actuator 106 generated by residual vibration, and the detector section 1100 which outputs the signal with which the existence of the liquid in a liquid container 1 is expressed based on back EMF which the measuring circuit section 800 measured.

[0145] The measuring circuit section 800 is arranged near the actuator 106 in a liquid container 1, and has the driver voltage generation section 850 which generates the driver voltage which drives an actuator 106. The actuator 106 with which the liquid container 1 was equipped drives, and is oscillated by the driver voltage generated by the driver voltage generation section 850. As for an actuator 106, after a drive oscillation continues vibrating. By this residual vibration, actuator 106 self generates back EMF. The measuring circuit section 800 changes the wave-like analog signal of back EMF which the actuator 106 generated into the digital signal which has the same frequency, and outputs it to the digital circuit section 900.

[0146] By arranging the measuring circuit section 800 near the actuator 106, the distance and time amount transmitted even to the measuring circuit section 800 have the short back EMF signal (analog signal) which an actuator 106 generates. That is, the distance and time amount which receives a noise have the short back EMF signal which is an analog signal. Moreover, the digital signal after being changed in the measuring circuit section 800 is notably strong to a noise as compared with an analog signal. The effect of the noise to the back EMF signal is notably mitigable with the above. Furthermore, the degree of freedom of wiring after measuring circuit section 800 may be raised.

[0147] The detector section 1100 has the digital circuit section 900 which measures the time amount spent on vibration of the predetermined pulse number of the digital signal which the measuring circuit section 800 outputted, and the liquid existence judging section 1000 which judges the existence of a liquid based on the time amount which the digital circuit section 900 counted.

[0148] In this example, as the digital circuit section 900 is shown in drawing 4 (A) and drawing 4 (B), from 4 count eye in the pulse shape which the measuring circuit section 800 outputted to 8 count eye

outputs the signal of High. Furthermore, as shown in drawing 4 (C), the digital circuit section 900 counts the pulse number of a predetermined clock pulse (it has a period shorter than the period of the back EMF wave) in the period which is High from 4 count eye in the above-mentioned digital signal to 8 count eye. At counting the pulse number of the clock pulse which has a fixed period, the time amount from 4 count eye to 8 count eye can be measured. For example, at drawing 4 (C), a clock pulse exists by five counts and can compute time amount by multiplying five counts by the period of a clock pulse.

[0149] Here, although the clock pulse of a low frequency is made into an example and explained in order to simplify explanation, a clock pulse with high frequencies, such as 16 etc.MHz, is used in fact. Based on the counted value which the digital circuit section 900 outputted, the liquid existence judging section 1000 judges the existence of the liquid in a liquid container 1, and outputs a judgment result to the control circuit section 1500.

[0150] In addition, the clock pulse of high frequency can affect the back EMF signal which is an analog signal ("it may ride" on a signal as a noise). Therefore, as for the high frequency circuit part which contains the digital circuit section 900 from the source of a clock pulse of high frequency, it is desirable that it is separated from the analog network part from the actuator 106 to the measuring circuit section 800 as much as possible. For example, when the latter analog network part is prepared in a liquid container 1, the former high frequency circuit part may be prepared in the body section of a recording apparatus or the carriage section besides a liquid container 1 etc.

[0151] When the liquid consumption condition detecting element 1200 outputs a judgment result without a liquid, a control section 1400 controls the recording device actuation control section 1402, and performs predetermined processing corresponding to the amount of low ink. The processing corresponding to the amount of low ink is processing which takes that ink ran short into consideration, and forbids or controls actuation of recording devices, such as unsuitable printing. Based on directions of a control section 1400, the recording device actuation control section 1402 controls actuation of the presentation processing section 1404, the printing actuation control section 1406, the ink supplement processing section 1408, the cartridge message-exchange section 1410, or the print-data storage processing section 1412, and performs processing corresponding to the amount of low ink.

[0152] The presentation processing section 1404 presents the information corresponding to the existence of the liquid in the liquid container 1 detected by the actuator 106. Informational presentation has the display on a display 1416, and the alert by the loudspeaker 1418. Displays 1416 are the display panel of a recording device, and the screen of the computer connected to the recording device. Or if the presentation processing section 1404 is connected with a loudspeaker 1418 and an actuator 106 detects those without a liquid, an information sound will be outputted from a loudspeaker 1418. The loudspeaker of a recording device is sufficient as a loudspeaker 1418, and the loudspeaker of external devices, such as a computer connected to the recording device, is sufficient as it. Moreover, it is also suitable to use a sound signal as an information sound, and the synthesized speech which shows an ink consumption condition by speech synthesis processing may be generated.

[0153] The printing actuation control section 1406 controls the printing right hand side 1420, and stops printing actuation of a recording device. The printing actuation after ink is lost is avoided by halt of printing actuation. Moreover, as other examples of the processing corresponding to the amount of low ink, the printing actuation control section 1406 may forbid moving to the next printing processing, after ending a certain printing processing. By prohibition of such printing processing, it is in the middle of one printing processing, for example, printing of a series of texts, and can avoid that printing stops. Moreover, in order to prevent printing processing stopping as an example of prohibition of printing processing while printing 1 page, it is also desirable to forbid the printing processing after newpage termination.

[0154] The ink supplement processing section 1408 controls ink supplement equipment 1422, and supplements an ink cartridge with ink automatically. Printing is continuable with a supplement of this ink.

[0155] The cartridge message-exchange section 1410 controls the cartridge swap device 1424, and exchanges ink cartridges automatically. Printing actuation can be continued by such correspondence

processing, without troubling a user's hand.

[0156] The print-data storage processing section 1412 stores the printing data before the completion of printing in the printing data storage section 1414 as processing corresponding to the amount of low ink. This printing data is printing data sent to a recording apparatus after ink and detection. It is avoidable that the printing data before printing are lost with storing of this printing data.

[0157] About components 1404-1412, these all do not need to be prepared in the recording device control section 2000. Moreover, in no components 1404-1412, processing corresponding to the amount of low ink needs to be performed, and at least one processing corresponding to the amount of low ink should just be performed. For example, if the ink supplement processing section 1408 or the cartridge message-exchange section 1410 processes, the printing actuation control section 1406 does not need to perform halt processing of printing actuation.

[0158] In addition, configuration ** which avoids the configuration, i.e., the unsuitable actuation by the lack of ink, which performs processing corresponding to the amount of low ink except having illustrated above may be prepared. Moreover, it is suitable for the above-mentioned processing corresponding to the amount of low ink to perform, after the actuator 106 detected "he has no liquid" in the stowed position and "predetermined printing for amount of allowances" is performed. "The predetermined amount of allowances" is set as suitable values fewer than the amount of printings until it will consume all ink after "with [no liquid]" detection of an actuator 106.

[0159] Drawing 6 is the block diagram showing the recording apparatus control section 2002 of other operation gestalten. The liquid container 1 is equipped with three actuators 106A, 106B, and 106C with this operation gestalt. Three actuators 106A, 106B, and 106C are installed in a different location along the oil-level fall direction by liquid consumption.

[0160] In the example shown in drawing 6, the measuring circuit sections 800A, 800B, and 800C which have the driver voltage generation sections 850A, 850B, and 850C which give the electrical potential difference which drives an actuator, respectively are arranged in each near location to three actuators 106A, 106B, and 106C with which the liquid container 1 was equipped. The digital circuit section 902 in the detector section 1102 receives the digital signal generated by the measuring circuit sections 800A, 800B, and 800C from the back EMF signal which Actuators 106A, 106B, and 106C generate, and counts the pulse number within the predetermined time of each digital signal (it corresponds to the back EMF signal). Furthermore, the liquid existence judging section 1002 judges the existence of the liquid in a liquid container 1 based on the counted value of each back EMF signal which the digital circuit section 902 outputted.

[0161] In this example, since the location where the oil-level fall directions differ is equipped with two or more actuators 106A-106C, respectively, the consumption condition of the liquid in the stowed position of each actuator is gradually detectable. Since the configuration of those other than liquid consumption condition detecting-element 1202 of the recording device control section 2002 is the same configuration as the recording device control section 2000 of drawing 5, it omits explanation.

[0162] The output signals of each actuator differ by whether an oil level is higher than the attaching position level of each actuator. For example, if the frequency and amplitude of back EMF which are detected change a lot, a detecting signal will change in connection with it. The liquid consumption condition detecting element 1202 can judge whether the oil level of a liquid passed the attaching position level of each actuators 106A, 106B, and 106C based on each detecting signal. Detection processing is periodically performed to the timing defined beforehand, for example.

[0163] Here, an oil level makes a condition lower than the attaching position of an actuator "a liquid-less condition", and makes the condition that an oil level is higher than an actuator "a condition with a liquid." An oil level's passage of an actuator changes a detection result from "a condition with a liquid" to "a liquid-less condition." With the gestalt of this operation, detection of oil-level passage shows change of such a detection result.

[0164] As a description of this operation gestalt, a control section 1400 switches the actuator used for detection of an impedance along the fall direction of the oil level of a liquid according to advance of liquid consumption. A detailed explanation uses only actuator 106A in the state of immediately after [wearing of a liquid container 1], i.e., liquid, full. If a liquid is consumed and an oil level passes actuator 106A, actuator 106A will detect a liquid-less condition. That is [in response to this a control section 1400 switches a liquid detection location to the middle], consumption of a liquid is detected

only using AKUCHUETA 106B. Similarly, actuator 106B's detection of a liquid-less condition switches a detection location to actuator 106C of the bottom.

[0165] Since the detection location is switched caudad one by one according to the gestalt of this operation, no actuators always need to operate and are, and it is **. That is, the frequency of actuation of an actuator is low. Therefore, the amount of data processing in a control section 1400 can be controlled. Consequently, detection actuation does not reduce the throughput of printing actuation.

[0166] In the gestalt of this operation, the number of actuators was three. However, with [the number of actuators] three [or more], it is good without limit. Moreover, spacing of an actuator may not be fixed. For example, it is so suitable that an oil level becomes low to narrow spacing of an actuator. Such deformation is applicable similarly in other following operation gestalten.

[0167] Drawing 7 shows the operation gestalt which transformed the recording device control section 2000 shown in drawing 5. It is equipped with the liquid container 1 of drawing 7 on carriage so that it may be open for free passage in the head section 1300 for breathing out and printing the liquid in a liquid container 1 to record media, such as the recording paper. The head section 1300 is driven by the head mechanical component 1440. Moreover, the recording device of drawing 7 has the cleaning section 1436 which attracts a liquid from the head section 1300 and cleans the nozzle of the head section 1300. When the cleaning mechanical component 1432 drives a pump 1434, the cleaning section 1436 attracts a liquid from the head section 1300.

[0168] The control circuit section 1502 of the recording device control section 2004 shown in drawing 7 To the element which the recording device control section 2000 shown in drawing 5 has, in addition, the liquid regurgitation counter 1450 which counts the number of the ink droplets which the head section 1300 breathed out (dot counter), The liquid consumption calculation section 1452 which computes ink consumption based on the number of the ink droplets which the liquid regurgitation counter 1450 counted, It has further the cleaning control section 1442 which controls the cleaning mechanical component 1432 based on the ink consumption condition which the liquid consumption condition detecting element 1210 detected. Moreover, the detector section 1104 has the liquid consumption condition amendment section 1010 which amends the number of regurgitation of the ink droplet of the head section 1300 which the liquid regurgitation counter 1450 counted based on the consumption condition of the ink detected using the actuator 106.

[0169] Next, the actuation about the element newly added in drawing 7 is explained. The liquid regurgitation counter 1450 counts the number of the ink droplets breathed out from the head section 1300 at the time of printing, and outputs it to the liquid consumption calculation section 1452. The liquid consumption calculation section 1452 computes the amount of ink breathed out from the head section based on the counted value of the liquid regurgitation counter 1450.

[0170] Moreover, ink is consumed also by recovering the irregular meniscus near the nozzle orifice of the head section 1300, or preventing the blinding of the ink in a nozzle orifice (Flushing actuation) by impressing the driving signal which is unrelated to printing to a print head, and carrying out air ejecting of the ink droplet. Therefore, the liquid regurgitation counter 1450 is counted also about the number of expulsion of an ink droplet by the Flushing actuation, and is outputted to the liquid consumption calculation section 1452.

[0171] From the number of regurgitation of the ink from the head section 1300 in printing actuation and the Flushing actuation, the liquid consumption calculation section 1452 computes the consumption of ink, and outputs the computed ink consumption to the liquid consumption condition amendment section 1010. The amount of ink computed by the liquid consumption calculation section 1452 is displayed on the display 1416 of the presentation processing section 1404.

[0172] Furthermore, also in case the cleaning section 1436 cleans the head section 1300 (cleaning actuation), the ink in a liquid container 1 is consumed by the ink in the head section 1300 being attracted. Therefore, the liquid consumption calculation section 1452 computes the consumption of the ink by cleaning by applying the time amount (for example, time amount energized on the pump 1434) and the ink absorbed amount per time amount of a pump 1434 to which the cleaning mechanical component 1432 drove the pump 1434 through the cleaning control section 1442.

[0173] Therefore, the liquid consumption calculation section 1452 computes the consumed amount of ink by the liquid regurgitation counter 1450 and the cleaning control section 1442. The liquid

consumption condition amendment section 1010 amends the calculation value of the liquid consumption calculation section 1452 based on the judgment result of the liquid existence judging section 1000.

[0174] The reason for using two outputs, the liquid existence judging section 1000 and the liquid consumption calculation section 1452, for detection of an ink consumption condition is explained below.

[0175] The output of the liquid existence judging section 1000 is the information which actually measured the oil level of a liquid with the actuator 106. On the other hand, the output of the liquid consumption calculation section 1452 is the ink consumption of presumption computed from the number of the ink droplets which the liquid regurgitation counter 1450 counted, and the drive time amount of a pump.

[0176] By the printing gestalt and operating environment which are set up on a user side, this calculation value may produce [when a room temperature is extremely high or low, or] an error, when the elapsed time after opening of an ink cartridge is long, and the pressure in an ink cartridge and the viscosity of ink change.

[0177] Then, the liquid consumption condition amendment section 1010 amends the ink consumption computed by the liquid consumption calculation section 1452 based on the judgment result of the ink existence outputted from the liquid existence judging section 1000. Furthermore, the liquid consumption condition amendment section 1010 amends the parameter of a formula used for the liquid consumption calculation section 1452 computing ink consumption based on the judgment result of the ink existence outputted from the liquid existence judging section 1000. Thus, by amending the parameter of a formula, the formula concerned can be fitted to the environment where the ink cartridge is used. Thereby, the value acquired by the formula comes to approximate with the actually used value.

[0178] When an actuator 106 detects "he has no ink" in a stowed position, the printing actuation control section 1406 controlled by the recording device actuation control section 1402, the ink supplement processing section 1408, the cartridge message-exchange section 1410, the print-data storage processing section 1412, and the cleaning control section 1442 perform predetermined processing corresponding to the amount of low ink.

[0179] The printing actuation control section 1406 controls the head mechanical component 1440, stops the regurgitation of the ink in the head section 1300, or decreases the discharge quantity of ink. Thereby, the printing actuation after ink is lost is avoided.

[0180] The cleaning control section 1442 forbids cleaning actuation of the head section 1300 by the cleaning section 1436 as processing corresponding to low ink, decreases the count of cleaning, or weakens the suction force of a pump 1434, and decreases the amount of suction of ink. In the case of cleaning of the head section 1300, comparatively much ink is attracted from the head section 1300. Therefore, when it becomes low ink, by forbidding cleaning actuation, it can avoid being drawn in from the head section 1300 for cleaning of ink [run short], and the situation where ink runs short for cleaning can be avoided. Or as mentioned above, the count of cleaning may be decreased or the suction force of a pump 1434 may be weakened. A control section 1400 chooses what kind of low ink processing the printing actuation control section 1406 and the cleaning control section 1442 perform based on the ink residue in a liquid container 1.

[0181] Drawing 8 shows the operation gestalt which transformed the recording device control section 2004 shown in drawing 7. In this example, a liquid container 1 is equipped with the semi-conductor storage means 7, and the recording device control section 2006 has the information storage control circuit section 1444. Others are the same configurations as the recording device control section 2004 shown in drawing 7. Therefore, the explanation is omitted about the element which is not related to the semi-conductor storage means 7 and the information storage control means 1444.

[0182] The liquid container 1 of the gestalt of this operation has an actuator 106 and the semi-conductor storage means 7. The semi-conductor storage means 7 is the rewritable memory of EEPROM etc. The control circuit section 1506 has the information storage control circuit section 1444.

[0183] The liquid consumption condition detecting element 1210 controls an actuator 106, detects the consumption condition of the liquid in a liquid container 1, and outputs the consumption related

information relevant to detection of the liquid consumption condition using an actuator 106 to the control circuit section 1506.

[0184] A control section 1400 writes consumption related information in the semi-conductor storage means 7 through the information storage control circuit section 1444. Furthermore, the information storage control circuit section 1444 reads consumption related information from the semi-conductor storage means 7, and outputs it to a control section 1400.

[0185] Next, the semi-conductor storage means 7 is explained to a detail. The semi-conductor storage means 7 memorizes the consumption related information relevant to detection in the consumption condition of a liquid of having used the actuator 106. Consumption related information includes the information on the consumption condition of the detected liquid. The information storage control circuit section 1444 writes the consumption status information acquired using the actuator 106 in the semi-conductor storage means 7. And this consumption status information is read and it is used in the recording device control section 2006.

[0186] Especially the thing for which consumption status information is memorized for the semi-conductor storage means 7 is advantageous when carrying out desorption of the liquid container 1. For example, where a liquid is consumed to the middle, suppose that the liquid container 1 was removed from the ink jet recording device. At this time, there is always account of semi-conductor 100 million means 7 by which the liquid consumption condition was memorized, with a liquid container 1. The same ink jet recording apparatus is again equipped with a liquid container 1, or other ink jet recording apparatus are equipped with it. At this time, a liquid consumption condition is read from the semi-conductor storage means 7, and the recording device control section 2006 operates based on that liquid consumption condition. For example, that is told to a user even when equipped with the liquid container 1 with few [empty or a liquid residue] liquids. Thus, even if it is the case where desorption of the liquid container 1 is carried out, the consumption status information before a liquid container 1 can be used certainly.

[0187] The semi-conductor storage means 7 may memorize the liquid consumption condition which the liquid consumption calculation section 1452 computed further based on the number of the ink droplets which the liquid regurgitation counter 1450 counted. Although an actuator 106 can detect certainly passage of the liquid ink side in the stowed position of an actuator 106, the detection about the ink consumption condition before and after oil-level passage is difficult the actuator. Therefore, it is desirable to presume from the liquid consumption condition which the liquid consumption calculation section 1452 computed, and to store the estimate concerned in the semi-conductor storage means 7 about the ink consumption condition before and after oil-level passage.

[0188] Moreover, consumption related information includes the detection property information which should be detected according to the consumption condition of a liquid. With this operation gestalt, front [consumption] detection property information and the detection property information after consumption are memorized as detection property information. The detection property information before consumption shows the detection property, i.e., the detection property in an ink full condition, before consumption of ink is started. The detection property information after consumption shows the detection property of the schedule detected when ink is consumed to predetermined detection goals, and a detection property when a liquid ink side is specifically less than the attaching position level of an actuator 106.

[0189] The information storage control circuit section 1444 reads detection property information from the semi-conductor storage means 7, and the liquid consumption condition detecting element 1210 detects a liquid consumption condition using an actuator 106 based on the detection property information. When the detecting signal corresponding to the detection property before consumption is obtained, consumption of ink does not progress yet but is considered that there are many residues of ink. It certainly turns out that a liquid ink side is above an actuator 106 at least. On the other hand, when the detecting signal corresponding to the detection property after consumption is obtained, consumption of ink progresses, and since there are few residues, it turns out that the liquid ink side is less than an actuator 106.

[0190] One of the advantages of memorizing detection property information for the semi-conductor storage means 7 is explained.

[0191] Detection property information is decided by various kinds of factors, such as a configuration

of a liquid container 1, a specification of an actuator 106, and a specification of ink. Therefore, when design changes, such as amelioration, are performed, a detection property may also change. If the liquid consumption condition detecting element 1210 uses the always same detection property information, dealing with change of such a detection property is difficult. On the other hand, detection property information is memorized and used for the semi-conductor storage means 7 with the gestalt of this operation. Therefore, change of a detection property can be coped with easily. For example, also when the liquid container 1 of a new specification is offered, the recording device control section 2006 can use easily the detection property information on the liquid container 1.

[0192] But there is the thing with the same specification of a liquid container 1 which a detection property changes with manufacture dispersion. For example, it responds thickly and detection properties sometimes differ [the configuration of a liquid container 1, or]. Therefore, still more preferably, the detection property information for each liquid container of every is measured, and it is stored in account of semi-conductor 100 million means 7. With the gestalt of this operation, since each liquid container 1 has the semi-conductor storage means 7, the detection property information on a proper is storable in the semi-conductor storage means 7. Thereby, the effect of detection on manufacture dispersion can be reduced, and detection precision can be improved. Thus, the gestalt of this operation can respond to a difference of the detection property of each liquid container 1, and is advantageous.

[0193] Drawing 9 is a flow chart which shows the operations sequence of the recording apparatus control section 2006 shown in drawing 8.

[0194] First, it is judged whether it was equipped with the ink cartridge (S10). That is, having been equipped with the ink cartridge used to a new ink cartridge or the middle is detected. The switch with which the ink jet recording apparatus was equipped is used for this processing (not shown).

[0195] Wearing of an ink cartridge reads consumption related information including detection property information etc. from the semi-conductor storage means 7 (S12). The presentation processing section 1404 of the recording device control section 2008, the printing actuation control section 1406, the ink supplement processing section 1408, the cartridge message-exchange section 1410, the print-data storage processing section 1412, and the cleaning control section 1442 use the read consumption related information. For example, when the read consumption related information shows that there are few liquid residues in a liquid container 1, it displays that there are few liquid residues on a display 1416, or it is made to suspend actuation of the head section 1300.

[0196] The liquid consumption condition detecting element 1210 detects the consumption condition of a liquid using an actuator 106 based on the read detection property information (S14). Based on the detected liquid consumption condition, the existence of the liquid in a liquid container 1 is judged (S16). When "he has no liquid" is detected, a liquid-less correspondence process (S18) is performed. The step (S28) which displays those without a liquid as a liquid-less correspondence process (S18) by the step (S24) which memorizes printing data by the print-data storage processing section 1412, the step (S26) which suspends printing actuation by the printing actuation control section 1406, and the presentation processing section 1404 is contained.

[0197] In this case, ink is supplied to an ink jet recording device with a user exchanging ink cartridges with directions of a liquid-less display step (S28), so that it may mention later.

[0198] Or as a liquid-less correspondence process (S18), ink cartridges may be automatically exchanged by the cartridge message-exchange section 1410 (S20), and ink may be automatically filled up by the ink supplement processing section 1408 (S22). In this case, an ink jet recording apparatus is automatically supplemented with ink, and it does not have the need that a user exchanges ink cartridges. In this case, it returns to a liquid consumption information read-out step (S12), without passing through the cartridge exchange decision step (S32) mentioned later. In addition, when an ink supplement step (S22) is carried out, after ink is filled up, the information on with the ink of the amount of which the recording device was supplemented is stored in the semi-conductor storage means 7 (S34).

[0199] As a liquid-less correspondence means (S18), after a printing data storage step (S24), a printing actuation halt step (S26), and a liquid-less display step (S28) are performed, the detected liquid consumption condition is stored in the semi-conductor storage means 7 (S30). Since it is transmitted to the user by the liquid-less display step (S28), as for there being no ink into an ink

cartridge, a user exchanges ink cartridges according to directions of a liquid-less display step (S28). In this case, (S32, Y) it returns to a liquid consumption condition detection step (S14). On the other hand, when a user does not exchange ink cartridges, a display which is further urged to a user that ink cartridges are exchanged is presented by a display or the loudspeaker, and ends a process.

[0200] Drawing 10 is drawing showing the circuitry of the measuring circuit section 800. The measuring circuit section 800 has the driver voltage generation section 850, the reference potential generation section 816, a high-pass filter 824, an amplifier 860, and a comparator 836. The driver voltage generation section 850 contains two bipolar transistors, the NPN mold transistor 810 by which base B and emitter E were connected to the complementation at juxtaposition, and the PNP mold transistor 812. The NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 are transistors for driving AKUCHIEETA 106. An actuator 106 is connected to the emitter E of the NPN mold transistor 810 to which one terminal of each other was connected, and the PNP mold transistor 812, and an other-end child is connected to Gland GND. The other-end child of an actuator 106 may be connected to a power source Vcc (5V).

[0201] If the trigger signal inputted into the driver voltage generation section 850 serves as Low to High from a terminal 840, the base B of the connected NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 starts, and the NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 will amplify the current of the inputted trigger signal, and will give it to an actuator 106. In the case of drawing 10, the electrical potential difference between the emitter E of the PNP mold transistor 812 and Collector C is given to an actuator 106. For this reason, it charges rapidly and an actuator 106 is oscillated. Furthermore, an actuator 106 generates back EMF by vibration which remains after an oscillation. Back EMF generated by the residual vibration of an actuator 106 is outputted to an amplifier 860 through a high-pass filter 824.

[0202] It is a PN junction between the base B of the NPN mold transistor 810 (the same is said of PNP mold transistor 812), and Emitter E, and if a current hardly flows to Emitter E side less than [0.6V] but the potential difference of Base B and Emitter E exceeds 0.6V, the current amplified greatly will flow to Emitter E. That is, the NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 have the neutral zone or bias voltage of 0.6V, respectively, and the NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 have the bias voltage of about a total of 1.2v. If terminal potential including back EMF of an actuator 106 is within the limits of a neutral zone, a transistor will operate, a current will not flow into Emitter E, and residual vibration of an actuator 106 will not be suppressed for actuation of a transistor. If there is no neutral zone, the electrical potential difference of an actuator 106 cannot be controlled by the transistor, cannot serve as constant value, and cannot investigate back EMF.

[0203] In drawing 10, although the NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 are used as a bipolar transistor, a field-effect transistor may be used instead of a bipolar transistor. When using a field-effect transistor, an N type field-effect transistor is arranged in the location where the NPN mold transistor of drawing 10 is arranged. The gate of an N type field-effect transistor is arranged in the location of the base B of the NPN mold transistor 810, and the source is arranged in the location of Emitter E. Moreover, a P type field-effect transistor is arranged in the location where the PNP mold transistor 812 is arranged. The gate of a P type field-effect transistor is arranged in the location of the base B of the PNP mold transistor 812, and the source is arranged in the location of Emitter E. Furthermore, the gates and the sources of a P type field-effect transistor and an N type field-effect transistor are connected. As for an actuator 106, it is desirable that connect with the source of the P type field-effect transistor to which one terminal of each other was connected, and an N type field-effect transistor, and an other-end child is connected to a power source Vcc or Gland GND.

[0204] The high-pass filter 824 has the capacitor 826 and the resistor 828. The output of the driver voltage generation section 850 is outputted to an amplifier 860 through such a high-pass filter 824. While a high-pass filter 824 outputs a high frequency component to an amplifier 860 among the outputs of an actuator 106, it removes a low-frequency component. Furthermore, a high-pass filter 824 has the role adjusted so that the output of an amplifier 860 may be settled in the range of 0-5V focusing on a reference potential.

[0205] The reference potential generation section 816 has the resistance 818 and 820 connected to

the serial, and the capacitor 822 connected to resistance 820 at juxtaposition. Thereby, the reference potential generation section 816 generates the about [2-3V] stable direct-current potential as a reference potential, and supplies it to a high-pass filter 824, an amplifier 860, and a comparator 836. For this reason, the electrical potential difference of the signal wave form which a high-pass filter 824 and an amplifier 860 output vibrates focusing on a reference potential.

[0206] An amplifier 860 has an operational amplifier 834 and resistance 830 and 832. An operational amplifier 834 and resistance 830 and 832 are constituted as a non-inversed amplifying circuit amplified and outputted, without reversing an input signal. The back EMF signal which the driver voltage generation section 850 outputted is inputted into + terminal of an operational amplifier 834 through a high-pass filter 824. - terminal of an operational amplifier 834 is connected with the reference potential through resistance 832, while connecting with an output terminal through the negative feedback resistance 830. Thereby, the feeble back EMF signal which the actuator 106 outputted is amplified considering a reference potential as a core, and is outputted to a comparator 836. Thus, the wave of the amplified back EMF signal may be expressed as an analog wave shown in drawing 4.

[0207] The electrical potential difference of the back EMF signal outputted from the amplifier 860 and the reference potential which the reference potential generation section 816 generated are inputted, and when the electrical potential difference of the back EMF signal is more than a reference potential and the electrical potential difference of the back EMF signal is below a reference potential about the signal of High, the signal of Low is outputted to a comparator 836. Thereby, the back EMF signal of a digital wave is generated. That is, since the electrical potential difference of - terminal of a comparator 836 is equal to a reference potential while the output of an operational amplifier 834 vibrates focusing on a reference potential, a comparator 836 compares the electrical potential difference of the back EMF signal on the basis of a reference potential, and outputs the back EMF signal of a digital wave. A comparator 836 outputs the generated back EMF signal of a digital wave to a terminal 844.

[0208] In addition, supply of the driver voltage signal to a piezoelectric device is made by the input of the trigger signal from a terminal 840 as mentioned above. Do the input of this trigger signal by control unit 840c. Control-device 840c may be prepared in various kinds of liquid consumption equipments, such as an ink jet recording device with which a liquid container is carried.

[0209] Here, other examples of the circuitry of the measuring circuit section 800 are explained using drawing 11.

[0210] The reference potential generation section 816 in this case has the resistance 817, 818, and 820 connected to the serial, and the capacitor 822 connected to resistance 820 at juxtaposition. In this case, both about 5k Ω and resistance 818 of resistance 817 and resistance 820 are about 500 Ω ms. Thereby, the reference potential generation section 816 generates two about [2-3V] stable direct-current potentials as reference potentials A and B, and supplies them to a high-pass filter 824 and an amplifier 860, and a comparator 836, respectively. For this reason, the electrical potential difference of the signal wave form which a high-pass filter 824 and an amplifier 860 output vibrates focusing on a reference potential B.

[0211] A high-pass filter 824 plays the role adjusted so that the output of an amplifier 860 may be settled in the range of 0-5V (Vcc) focusing on a reference potential B (after-mentioned).

[0212] An amplifier 860 has an operational amplifier 834 and resistance 830 and 832. An operational amplifier 834 and resistance 830 and 832 are constituted as a non-inversed amplifying circuit amplified and outputted, without reversing an input signal. The back EMF signal which the driver voltage generation section 850 outputted is inputted into + terminal of an operational amplifier 834 through a high-pass filter 824. - terminal of an operational amplifier 834 is connected with the reference potential B through resistance 832, while connecting with an output terminal through the negative feedback resistance 830. Thereby, the feeble back EMF signal which the actuator 106 outputted is amplified considering a reference potential B as a core, and is outputted to a comparator 836. Thus, the wave of the amplified back EMF signal may be expressed as an analog wave shown in drawing 4.

[0213] The reference potential A which the electrical potential difference and the reference potential generation section 816 of the back EMF signal outputted from the amplifier 860 generated is inputted,

and when the electrical potential difference of the back EMF signal is more than the reference potential A and the electrical potential difference of the back EMF signal is below the reference potential A about the signal of High, the signal of Low is outputted to a comparator 836. Thereby, the back EMF signal of a digital wave is generated. That is, since the electrical potential difference of a terminal of a comparator 836 is equal to a reference potential A while the output of an operational amplifier 834 vibrates focusing on a reference potential B, a comparator 836 compares the electrical potential difference of the back EMF signal on the basis of a reference potential A, and outputs the back EMF signal of a digital wave. A comparator 836 outputs the generated back EMF signal of a digital wave to a terminal 844.

[0214] In addition, the relation of the height of reference voltage A and reference voltage B may be reverse.

[0215] In drawing 11, other circuitry is the same as that of the measuring circuit section 800 shown in drawing 10, and abbreviation.

[0216] In the measuring circuit section 800 shown in drawing 11, since the output of an operational amplifier 834 serves as a reference potential B when back EMF does not exist, the output signal of a comparator 836 is always Low, and should not change. The existence of the effect of the noise in the measuring circuit section 800 can be distinguished using this.

[0217] For example, the measuring circuit section 800 may have the noise effect distinction section 880, as shown in drawing 11. The noise effect distinction section 880 distinguishes the effect of the noise to the back EMF signal according to a flow as shown in drawing 12.

[0218] In this case, the noise effect distinction section 880 observes the output from the same time amount or the time amount beyond it (it considers as convention time amount) as the time amount required at the time of the usual resonance frequency (frequency of back EMF signal) measurement (it mentions later for details), and a comparator 836, before a driver voltage signal is given to a piezoelectric device (STEP1).

[0219] And it distinguishes whether the output of a comparator 836 changed between the convention time amount concerned (STEP2).

[0220] When there is no change of an output, it will distinguish, if the effect of a noise is small, and a driver voltage signal is given to a piezoelectric device, and measurement of the resonance frequency by the detector section 1100 (it explains in full detail behind using drawing 13 and drawing 14) etc. is carried out (STEP3).

[0221] On the other hand, when there is change of an output, it will distinguish, if the effect of a noise is large, and the information which shows that measurement of the resonance frequency by the detector section 1100 cannot carry out correctly is outputted to the display screen which is not illustrated in the current condition (STEP4).

[0222] As mentioned above, if the flow chart shown in drawing 12 is followed, measuring the resonance frequency which was mistaken under the effect of a noise may be avoided.

[0223] Moreover, the noise effect distinction section may be constituted using the digital circuit section 900 instead of constituting the noise effect distinction section 880 as a special circuit.

[0224] Drawing 13 shows the circuitry of the detector section 1100 of drawing 5. The detector section 1100 has the digital circuit section 900 and the liquid existence judging section 1000. The digital circuit section 900 has flip-flops 910 and 918, counters 912 and 920, and NAND gates 914 and 916. If a counter 920 is counted to a peak price (1111 1111), even if a clock pulse is inputted next (0000 0000), it shall not become, but shall maintain a peak price.

[0225] If a trigger signal is inputted into the clocked into pin CLK of a flip-flop 910 from a terminal 842, a flip-flop 910 will output the signal controlled so that a counter 912 starts measurement of the pulse number of the back EMF signal outputted from the measuring circuit section 800 to a counter 912. Furthermore, if a counter 912 counts eight pulses of the back EMF signal, a flip-flop 910 will be cleared through NAND gate 916. Therefore, a flip-flop 910 supplies the signal with which the back EMF signal has become the between High to 8 pulse eye after a trigger signal is inputted to the count enabling terminal ENP of a counter 912.

[0226] A counter 912 carries out counting of the clock, only when the signal inputted into the counter enabling terminal ENP is High. Since the signal inputted into the count enabling terminal ENP is set to Low when counting of the pulse number of the back EMF signal is started and eight pulse numbers are

counted after a trigger signal is inputted into a flip-flop 910, a counter 912 ends the count of a pulse number. A counter 912 outputs the signal with which from 4 pulse eye to 8 pulse eye serves as High from the output pin QC to the input pin D of a flip-flop 918.

[0227] From 4 pulse eye which the counter 912 outputted to 8 pulse eye receives the signal used as High from the input pin D, and a flip-flop 918 receives the clock with a frequency of 16MHz inputted from the terminal 846 from the clocked into pin CLK, it synchronizes with the clock concerned the signal inputted from the input pin D, and it outputs it.

[0228]

[Equation 1]

カウンタ920は、フリップフロップ918に入力されるのと同様の16MHzのクロックパルスを、クロック入力ピンCLKから受容する。このため、カウンタ920はフリップフロップ918と同期して作動し、フリップフロップ918の出力ピンQの出力がHighとなっている4パルス目から8パルス目までの間において、16MHzのクロックパルスが何個あるかをカウントすることができる。16MHzのクロックパルスのパルス数をカウントすることで、4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測することができる。カウンタ920は、カウントしたカウント値を液体有無判定部1000に出力する。なお、フリップフロップ918の出力ピンQがHighになる前、すなわち、カウンタ920を動作させる前に、フリップフロップ918の出力ピン \overline{Q} の出力とカウンタ912の出力ピンQBの出力とがNANDゲート914においてNAND演算されて、カウンタ920のクリア入力ピンCLRに入力されてカウンタ920がクリアされるようになっている。

[0229] Although the pulse number of the 16MHz clock pulse which exists in from 4 pulse eye of the back EMF wave before 8 pulse eye was counted in the circuit of drawing 13, it is also countable by adding and combining the counting circuit using the output of a counter 912 to the count eye of not only the time amount to 8 count eye but arbitration. That is, the time amount in a different counting interval is detectable.

[0230] In drawing 13, the signal of the terminal 846 which is a clock signal is a signal of a high frequency, may give a noise to the digital circuit section 800, and may cause malfunction. Therefore, when separating from the digital section which needs a clock signal, and arranging or IC-izing a circuit, it is desirable to set the analog section and the digital section to another IC. In that case, the measuring circuit section 800 is set near the ink cartridge, and the detector section 1100 is arranged to the Maine substrate etc. In this case, it is a digital signal, and since the signal of a terminal 844 is strong in a noise, even if it takes about a long distance, it is satisfactory. Or a flip-flop 910 and a counter 912 may also be arranged near the cartridge, and the outputs QB and QC of a counter 912 may be taken about. Furthermore, what is necessary is just to take about the output QC of a counter 912, if one side of the input of NAND gate 914 is made into the signal which reversed not the output of a flip-flop 918 but QC of a counter 912.

[0231] Drawing 14 shows the detailed circuitry of the liquid existence judging section 1000 shown in drawing 13. The liquid existence judging section 1000 judges the existence of the liquid in a liquid container 1 based on counted value with a number [of clock pulses] of 16MHz which appears from 4 pulse eye of the back EMF signal which the counter 920 outputted before 8 pulse eye. The liquid existence judging section 1000 has the upper-limit register 1011, the lower limit register 1012, comparators 1014 and 1016, and the AND gate 1018, as shown in drawing 14. The upper limit of counted value is stored in the upper-limit register 1011, and the lower limit of counted value is stored in the lower limit register 1012.

[0232] A comparator 1014 receives the counted value which the digital circuit section 900 outputted from a battery terminal, and receives the upper limit of counted value through a generator terminal from the upper-limit register 1011. When counted value is smaller than a upper limit, a comparator 1014 outputs the signal of High to AND gate 1018. On the other hand, when counted value is more

than a upper limit, a comparator 1014 outputs the signal of Low to AND gate 1018. Since the frequency of the back EMF wave is lower than a lower limit and the back EMF wave is not normally measured when counted value is more than a upper limit, a recording device is not equipped with the liquid container, or authenticity may not be equipped.

[0233] On the other hand, a comparator 1016 receives the counted value which the digital circuit section 900 outputted from a generator terminal, and receives the lower limit of counted value through a battery terminal from the lower limit register 1012. When counted value is larger than a lower limit, a comparator 1016 outputs the signal of High to AND gate 1018 and a terminal 1022. On the other hand, when counted value is below a lower limit, a comparator 1016 outputs the signal of Low to AND gate 1018 and a terminal 1022. When counted value is below a lower limit, it means that the liquid in a liquid container 1 does not exist in the stowed position of an actuator 106.

[0234] When the both sides of comparators 1014 and 1016 output the signal of High (i.e., when counted value is smaller than a upper limit and larger than a lower limit), AND gate 1018 outputs the signal of High. In this case, since the frequency of the back EMF wave is lower than a upper limit, the liquid in a liquid container 1 exists in the stowed position level of an actuator 106. And since the frequency of the back EMF wave is higher than a lower limit, it turns out that the recording apparatus is certainly equipped with the liquid container 1, and a liquid exists in the stowed position level of an actuator 106. Namely, when a terminal 1020 is High, the recording apparatus is certainly equipped with the liquid container 1, and it is in the normal condition that a liquid exists in the stowed position level of an actuator 106.

[0235] When a comparator 1014 outputs the signal of Low and a comparator 1016 outputs the signal of High (i.e., when counted value is larger than a lower limit above a upper limit), AND gate 1018 outputs the signal of Low. Moreover, the signal of High is inputted into a terminal 1022. In this case, since a terminal 1020 is Low, it is unusual, and since a terminal 1022 is High, it can judge with a recording device not being equipped with the liquid container 1, or authenticity not being equipped.

[0236] When a comparator 1014 outputs the signal of High and a comparator 1016 outputs the signal of Low, counted value is smaller than a upper limit, and, in below a lower limit, AND gate 1018 outputs the signal of Low. In this case, since a terminal 1020 is Low, it is unusual, and since a terminal 1022 is Low, it turns out that there is no liquid in the stowed position level of an actuator 106.

[0237] Drawing 15 shows the manufacture approach of an actuator 106. In drawing 15, two or more actuators 106 (the example of drawing 15 four pieces) are formed in one. The actuator 106 shown in drawing 16 is manufactured by cutting the one moldings of two or more actuators shown in drawing 15 in each actuator 106. When each piezoelectric device of two or more really shown [in drawing 15] fabricated actuators 106 is circular, the actuator 106 shown in drawing 1 can be manufactured by really cutting a moldings in each actuator 106. By forming two or more actuators 106 in one, two or more actuators 106 can be efficiently manufactured to coincidence, and the handling at the time of conveyance becomes easy.

[0238] An actuator 106 has sheet metal or a diaphragm 176, a substrate 178, an elastic wave generating means or a piezoelectric device 174, a terminal formation member or the up electrode terminal 168 and a terminal formation member, or the lower electrode terminal 170.

[0239] A piezoelectric device 174 contains a piezo-electric diaphragm or the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166. A diaphragm 176 is formed in the top face of a substrate 178, and the lower electrode 166 is formed in the top face of a diaphragm 176. The piezo-electric layer 160 is formed in the top face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. Therefore, of the principal part of the up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166, the principal part of the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted from the upper and lower sides.

[0240] When shown in drawing 15, the piezoelectric device 174 of plurality (the example of drawing 15 four pieces) is formed on the diaphragm 176. The lower electrode 166 is formed in the front face of a diaphragm 176, the piezo-electric layer 160 is formed in the front face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. The up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed in the edge of the up electrode 164 and the lower electrode 166. And four actuators 106 are cut separately, respectively and are used according to an individual.

[0241] As for drawing 16 , a piezoelectric device shows some cross sections of the rectangular actuator 106. Drawing 17 shows the cross section of the whole actuator 106 shown in drawing 16 .

[0242] As shown in drawing 17 , through tube 178a is formed in the piezoelectric device 174 of a substrate 178, and the field which counters. The closure of the through tube 178a is carried out by the diaphragm 176. A diaphragm 176 is formed with the ingredient in which elastic deformation is possible while it is equipped with electric insulation, such as an alumina and an oxidization zirconia.

[0243] The piezoelectric device 174 is formed in the location corresponding to through tube 178a on the diaphragm 176. The lower electrode 166 is formed in the front face of a diaphragm 176 so that it may extend from the field of through tube 178a to the left in an one direction and drawing 17 . The up electrode 164 is formed in the front face of the piezo-electric layer 160 so that it may extend in the method of the right in a direction opposite to a lower electrode, and drawing 17 from the field of through tube 178a.

[0244] The up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed in the top face of an auxiliary electrode 172 and the lower electrode 166, respectively. The lower electrode terminal 170 contacts the lower electrode 166 electrically, and the up electrode terminal 168 contacts the up electrode 164 electrically through an auxiliary electrode 172, and it delivers the signal between a piezoelectric device and the exterior of an actuator 106. The up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 have the height more than the height of the piezoelectric device 174 which doubled electrodes 164 and 166 and the piezo-electric layer 160.

[0245] Drawing 18 shows the manufacture approach of the actuator 106 shown in drawing 15 . First, a press or laser processing is used for a green sheet 40, and through tube 40a is punched. A green sheet 40 serves as a substrate 178 after baking. A green sheet 40 is formed with ingredients, such as a ceramic.

[0246] Next, the laminating of another green sheet 41 is carried out to the front face of a green sheet 40. A green sheet 41 serves as a diaphragm 176 after baking. A green sheet 41 is formed with ingredients, such as an oxidization zirconia.

[0247] Next, sequential formation of a conductive layer 42, the piezo-electric layer 160, and the conductive layer 44 is carried out by approaches, such as pressure membrane printing, on the front face of a green sheet 41. A conductive layer 42 serves as the lower electrode 166 behind, and a conductive layer 44 serves as the up electrode 164 behind.

[0248] Next, the formed green sheet 40, a green sheet 41, a conductive layer 42, the piezo-electric layer 160, and a conductive layer 44 are dried and calcinated.

[0249] Spacing members 47 and 48 are members for carrying out bottom raising of the height of the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170, and making it higher than a piezoelectric device. or [that spacing members 47 and 48 print green sheets 40 and 41 and this ingredient] — or a laminating is carried out and it forms. By using spacing members 47 and 48, there are few ingredients of the up electrode terminal 168 which is noble metals, and the lower electrode terminal 170, and they end. Moreover, since thickness of the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 can be made thin, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 can be printed with a sufficient precision, and it can consider as accurate height.

[0250] At the time of formation of a conductive layer 42, if connection 44' with a conductive layer 44 and spacing members 47 and 48 are formed in coincidence, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 can be formed easily, or it can fix firmly. Finally, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed in the edge field of a conductive layer 42 and a conductive layer 44. In case the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed, it forms so that the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 may be electrically connected to the piezo-electric layer 160.

[0251] Drawing 19 shows the operation gestalt of further others of the ink cartridge to which this invention is applied. Drawing 19 (A) is the sectional view of the pars basilaris ossis occipitalis of the ink cartridge by this operation gestalt. The ink cartridge of this operation gestalt has through tube 1c in base 1a of a container 1 which holds ink. The pars basilaris ossis occipitalis of through tube 1c is closed by the actuator 650, and forms an ink reservoir.

[0252] Drawing 19 (B) shows the actuator 650 shown in drawing 19 (A), and the detailed cross section of through tube 1c. Drawing 19 (C) shows the flat surface of the actuator 650 shown in drawing 19

(B), and through tube 1c. An actuator 650 has the piezoelectric device 73 fixed to the diaphragm 72 and the diaphragm 72. An actuator 650 is fixed to the base of a container 1 so that a piezoelectric device 73 may counter through tube 1c through a diaphragm 72 and a substrate 71. Elastic deformation is possible for a diaphragm 72, and it is equipped with ink-proof nature.

[0253] Depending on the amount of ink of a container 1, the amplitude and frequency of back EMF which are generated by the residual vibration of a piezoelectric device 73 and a diaphragm 72 change. Since through tube 1c is formed in the location which counters an actuator 650, the ink of the minimum constant rate is secured to through tube 1c. Therefore, the ink end of a container 1 is certainly detectable by measuring beforehand the property of vibration of the actuator 650 decided by the amount of ink secured to through tube 1c.

[0254] Drawing 20 shows other operation gestalten of through tube 1c. In each of drawing 20 (A), (B), and (C), the condition that the chart on the left does not have Ink K in through tube 1c is shown, and right-hand side drawing shows the condition that Ink K remained in through tube 1c. In the operation gestalt of drawing 19, the side face of through tube 1c is formed as a perpendicular wall. In drawing 20 (A), 1d of side faces of through tube 1c is slanting in the vertical direction, and it is expanded and opened outside. In drawing 20 (B), the level difference sections 1e and 1f are formed in the side face of through tube 1c, and 1f of upper level difference sections is large from downward level difference section 1e. In drawing 20 (C), through tube 1c has 1g of slots which extend in the direction of the ink feed hopper 2, i.e., the direction, which is easy to discharge Ink K.

[0255] Drawing 20 (A) According to the configuration of through tube 1c shown in - (C), the amount of the ink K of an ink reservoir can be lessened. Therefore, M'_{cav} explained by drawing 1 and drawing 2 can be made small as compared with M'_{max} . For this reason, the oscillation characteristic of ink and the actuator 650 at the time can be greatly changed with the time of the ink survival in which the ink K of the amount which can be printed in a container 1 remains, and an ink end can be detected more certainly.

[0256] Drawing 21 is the perspective view showing other operation gestalten of an actuator. An actuator 660 has packing 76 outside through tube 1c of the diaphragm 72 which constitutes an actuator 660. The caulking hole 77 is formed in the periphery of an actuator 660. An actuator 660 is fixed to a container 1 with caulking through the caulking hole 77.

[0257] Drawing 22 (A) and (B) are the perspective views showing the operation gestalt of further others of an actuator. An actuator 670 is equipped with the crevice formation substrate 80 and a piezoelectric device 82 in this operation gestalt. A crevice 81 is formed in one field of the crevice formation substrate 80 of technique, such as etching, and the piezoelectric device 82 is attached in the field of another side. The pars basilaris ossis occipitalis of a crevice 81 acts as an oscillating field among the crevice formation substrates 80. Therefore, the oscillating field of an actuator 670 is specified by the periphery of a crevice 81.

[0258] An actuator 670 is similar with the structure where the substrate 178 and the diaphragm 176 were formed as one, in the actuator 106 by the example of drawing 1. In this case, the production process at the time of manufacturing an ink cartridge can be shortened, and cost is reduced. As for an actuator 670, it is desirable that it is the size in which embedding is possible to through tube 1c prepared in the container 1. By it, a crevice 81 can act also as a cavity. In addition, like the actuator 670 by the example of drawing 22, the actuator 106 by the example of drawing 1 may be formed in through tube 1c so that embedding may be possible.

[0259] Drawing 23 is the perspective view showing the configuration which used the actuator 106 as the attachment module object 100, and really formed it. The appointed number place of the container 1 of an ink cartridge is equipped with the module object 100. By [in liquid ink] detecting change of an acoustic impedance at least, the module object 100 is constituted so that the consumption condition of the liquid in a container 1 may be detected.

[0260] The module object 100 of this operation gestalt has the liquid-container attachment section 101 for attaching an actuator 106 in a container 1. The liquid-container attachment section 101 has the cylinder section 116 on the pedestal 102 in which a flat surface holds mostly the rectangular pedestal 102 and the actuator 106 oscillated with a driving signal. Moreover, when an ink cartridge is equipped, the module object 100 is constituted so that the actuator 106 of the module object 100 cannot contact from the outside. Thereby, an actuator 106 can be protected from external contact. In

addition, the radius of circle is attached, and in case the hole formed in the ink cartridge is equipped, it is easy to insert in the tip side edge of the cylinder section 116.

[0261] Drawing 24 is the exploded view of the module object 100 shown in drawing 23. The module object 100 contains the liquid-container attachment section 101 which consists of resin, and the piezoelectric device applied part 105 (refer to drawing 23) which has a plate 110 and a crevice 113. Furthermore, the module object 100 has reed wires 104a and 104b, an actuator 106, and a film 108. Preferably, a plate 110 is formed from ingredients which cannot rust easily, such as stainless steel or a stainless alloy.

[0262] While opening 114 is formed in a core so that the cylinder section 116 and the pedestal 102 which are included in the liquid-container attachment section 101 can hold reed wires 104a and 104b, the crevice 113 is formed in the perimeter of opening 114 so that an actuator 106, a film 108, and a plate 110 can be held.

[0263] An actuator 106 is joined to a plate 110 through a film 108, and a plate 110 and an actuator 106 are fixed to a crevice 113 (liquid-container attachment section 101). Therefore, reed wires 104a and 104b, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 are attached in the liquid-container attachment section 101 as one.

[0264] While reed wires 104a and 104b combine with the up electrode of an actuator 106, and a lower electrode, respectively and transmit a driving signal to a piezo-electric layer, they transmit the signal of the resonance frequency which the actuator 106 detected to a recording device etc.

[0265] An actuator 106 is temporarily oscillated based on the driving signal transmitted from reed wires 104a and 104b. Moreover, residual vibration of the actuator 106 is carried out after an oscillation, and it generates back EMF by the vibration. At this time, the resonance frequency corresponding to the consumption condition of the liquid in a liquid container is detectable by detecting the period of vibration of the back EMF wave.

[0266] a film 108 — an actuator 106 and a plate 110 — pasting up — an actuator — liquid — it is made dense. As for a film 108, it is desirable to form with polyolefine etc. and to paste up by thermal melting arrival. By pasting up an actuator 106 and a plate 110 in the shape of a field with a film 108, and fixing, dispersion by the location of adhesion is lost and any parts other than the oscillating section do not vibrate. Therefore, even if it pastes up an actuator 106 on a plate 110, the oscillation characteristic of an actuator 106 does not change.

[0267] In addition, a plate 110 is a circle configuration and the opening 114 of a pedestal 102 is formed in the shape of a cylinder. The actuator 106 and the film 108 are formed in the shape of a rectangle. Reed wires 104a and 104b, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 are good also as removable to a pedestal 102. A pedestal 102, reed wires 104a and 104b, the actuator 106, the film 108, and the plate 110 are arranged to the medial axis of the module object 100 at the symmetry. moreover, the core of a pedestal 102, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 — the module object 100 — it is mostly arranged on the medial axis.

[0268] Moreover, the area of the opening 114 of a pedestal 102 is formed more greatly than the area of the oscillating field of an actuator 106. The through tube 112 is formed in the location which faces the oscillating section of an actuator 106 at the core of a plate 110. As shown in drawing 1 and drawing 2, the cavity 162 is formed in the actuator 106 and a through tube 112 and a cavity 162 form both ink reservoirs. In order to lessen effect of residual ink, compared with the path of a through tube 112, the small thing of the thickness of a plate 110 is desirable. For example, as for the depth of a through tube 112, it is desirable that it is 1/3 or less magnitude of the path. a through tube 112 is the symmetry to the medial axis of the module object 100 — it is the configuration of a perfect circle mostly. Moreover, the area of a through tube 112 is larger than the opening area of the cavity 162 of an actuator 106. The periphery of the cross section of a through tube 112 may be a taper configuration, and may be a step configuration. The flank, the upper part, or the pars basilaris ossis occipitalis of a container 1 is equipped with the module object 100 so that a through tube 112 may turn to the inside of a container 1. If ink is consumed and the ink of the actuator 106 circumference is lost, based on the resonance frequency of an actuator 106 changing a lot, at least the water of ink can detect change.

[0269] Drawing 25 is the perspective view showing other operation gestalten of a module object. As for the module object 400 of this operation gestalt, the piezoelectric device applied part 405 is formed

in the liquid-container attachment section 401. As for the liquid-container attachment section 401, the flat surface has the pedestal 402 on Kakumaru's square, and the cylinder section 403 of the shape of a cylinder on a pedestal 402 mostly. Furthermore, the piezoelectric device applied part 405 includes the tabular element 406 and crevice 413 which were stood on the cylinder section 403. In the crevice 413 established in the side face of the tabular element 406, the actuator 106 is arranged at longitude. In addition, the tip of the tabular element 406 is beveled by the predetermined include angle, and in case the hole formed in the ink cartridge is equipped, it is easy to insert it in.

[0270] Drawing 26 is the decomposition perspective view of the module object 400 shown in drawing 25. The module object 400 as well as the module object 100 shown in drawing 23 contains the liquid-container attachment section 401 and the piezoelectric device applied part 405. The liquid-container attachment section 401 has a pedestal 402 and the cylinder section 403, and the piezoelectric device applied part 405 has the tabular element 406 and a crevice 413. It is joined to a plate 410 and an actuator 106 is fixed to a crevice 413. The module object 400 has further reed wires 404a and 404b, an actuator 106, and a film 408.

[0271] In addition, with this operation gestalt, a plate 410 is a rectangle-like and the opening 414 prepared in the tabular element 406 is also formed in the shape of a rectangle. Reed wires 404a and 404b, an actuator 106, a film 408, and a plate 410 may be constituted as removable to a pedestal 402. The actuator 106, the film 408, and the plate 410 are arranged at the symmetry to the medial axis prolonged in the direction of a vertical to the flat surface of opening 414 through the core of opening 414. furthermore, the core of an actuator 406, a film 408, and a plate 410 — opening 414 — it is mostly arranged on the medial axis.

[0272] The area of the through tube 412 prepared in the core of a plate 410 is formed more greatly than the area of opening of the cavity 162 of an actuator 106. Both the cavities 162 and through tubes 412 of an actuator 106 form an ink reservoir. The thickness of a plate 410 is small compared with the path of a through tube 412, for example, it is desirable to set it as 1/3 or less magnitude of the path of a through tube 412. a through tube 412 is the symmetry to the medial axis of the module object 400 — it is the configuration of a perfect circle mostly. The periphery of the cross section of a through tube 412 may be a taper configuration, and may be a step configuration. The pars basilaris ossis occipitalis of a container 1 can be equipped with the module object 400 so that a through tube 412 may be arranged inside a container 1. Since it is arranged in a container 1 so that an actuator 106 may be prolonged perpendicularly, a setup at the time of an ink end is easily changeable by changing the height which changes the height of a pedestal 402 and by which an actuator 106 is arranged in a container 1.

[0273] Drawing 27 shows the operation gestalt of further others of a module object. The module object 500 of drawing 27 as well as the module object 100 shown in drawing 23 contains the liquid-container attachment section 501 which has a pedestal 502 and the cylinder section 503. Moreover, the module object 500 has further reed wires 504a and 504b, an actuator 106, a film 508, and a plate 510. Opening 514 is formed in a core so that the pedestal 502 included in the liquid-container attachment section 501 can hold reed wires 504a and 504b, and a crevice 513 is formed in the perimeter of opening 514 so that an actuator 106, a film 508, and a plate 510 can be held. An actuator 106 is fixed to the piezoelectric device applied part 505 through a plate 510. Therefore, reed wires 504a and 504b, an actuator 106, a film 508, and a plate 510 are attached in the liquid-container attachment section 501 as one.

[0274] As for the module object 500 of this operation gestalt, the cylinder section 503 with a top face slanting in the vertical direction is mostly formed for the flat surface on the pedestal 502 of the shape of Kakumaru's square. The actuator 106 is arranged on the crevice 513 aslant prepared in the vertical direction of the top face of the cylinder section 503.

[0275] That is, the tip of the module object 500 inclines and the inclined plane is equipped with the actuator 106. For this reason, if the pars basilaris ossis occipitalis or flank of a container 1 is equipped with the module object 500, it will be arranged so that an actuator 106 may incline to the vertical direction of a container 1. As for whenever [tilt-angle / of the tip of the module object 500], it is desirable to consider as for about 30 to 60 degrees in view of detectability ability.

[0276] The pars basilaris ossis occipitalis or flank of a container 1 is equipped with the module object 500 so that an actuator 106 may be arranged in a container 1. When the flank of a container 1 is

equipped with the module object 500, it is attached in a container 1, an actuator 106 inclining so that a container 1 top, bottom, or width side may be turned to. It is desirable that it is attached in a container 1 on the other hand, an actuator 106 inclining so that the ink feed hopper side of a container 1 may be turned to when the pars basilaris ossis occipitalis of a container 1 is equipped with the module object 500.

[0277] Drawing 28 is a sectional view near [when equipping a container 1 with the module object 100 shown in drawing 23] the pars basilaris ossis occipitalis of an ink container. It is equipped with the module object 100 so that the side attachment wall of a container 1 may be penetrated. O ring 365 is formed in the plane of composition of the side attachment wall of a container 1, and the module object 100, and **** of the module object 100 and a container 1 is maintained at it. Thus, since a seal is made with an O ring, as for the module object 100, it is desirable to have the cylinder section which was explained by drawing 23 .

[0278] By the tip of the module object 100 being inserted in the interior of a container 1, the ink in a container 1 contacts an actuator 106 through the through tube 112 of a plate 110. With a liquid or a gas, since the resonance frequency of the residual vibration of an actuator 106 differs, the perimeter of the oscillating section of an actuator 106 can detect the consumption condition of ink using the module object 100.

[0279] Moreover, a container 1 may be equipped with the module objects 700A, 700B, 750A, and 750B shown in the module object 400 shown not only in the module object 100 but in drawing 25 , the module object 500 shown in drawing 27 or drawing 29 , and drawing 30 , and the mold structure 600, and the existence of ink may be detected.

[0280] Drawing 29 shows the operation gestalt of further others of the module object 100. Module object 750A of drawing 29 (A) has actuator 106b and a pedestal 360. The container 1 is equipped with module object 750A so that the front face may serve as an inside of the side attachment wall of a container 1, and abbreviation one. Actuator 106b contains the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176. The lower electrode 166 is formed in the top face of a diaphragm 176. The piezo-electric layer 160 is formed in the top face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. Therefore, the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted from the upper and lower sides with the up electrode 164 and the lower electrode 166. The piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 form a piezoelectric device. The piezoelectric device is formed on the diaphragm 176. A piezoelectric device and the oscillating field of a diaphragm 176 are the oscillating sections in which an actuator actually vibrates. The through tube 385 is formed in the side attachment wall of a container 1. Therefore, ink contacts a diaphragm 176 through the through tube 385 of a container 1.

[0281] Next, the actuation of module object 750A shown in drawing 29 (A) is explained. The up electrode 164 and the lower electrode 166 transmit the signal of the resonance frequency which the piezo-electric layer 160 detects to a recording device while transmitting a driving signal to the piezo-electric layer 160. It oscillates with the driving signal transmitted with the up electrode 164 and the lower electrode 166, and residual vibration of the piezo-electric layer 160 is carried out after that. By this residual vibration, the piezo-electric layer 160 generates back EMF. And the period of vibration of the back EMF wave is counted, and the existence of ink can be detected by detecting the resonance frequency in the time.

[0282] Only a diaphragm 176 contacts the ink in the ink container 1 so that module object 750A may be shown in a field (A) opposite to the piezoelectric-device side of the oscillating section of actuator 106b, i.e., drawing 29 . In module object 750A of drawing 29 (A), the embedding to the module object of the electrode of a reed wire (104a, 104b, 404a, 404b, 504a, and 504b) shown in drawing 27 from drawing 23 becomes unnecessary. For this reason, a forming cycle is simplified. Furthermore, it becomes exchange of module object 750A, and recyclable. Furthermore, since actuator 106b is protected by the pedestal 360, actuator 106b can be protected from contact outside.

[0283] Drawing 29 (B) shows the operation gestalt of further others of a module object. Module object 750B of drawing 29 (B) has actuator 106b and a pedestal 360. The container 1 is equipped with module object 750B so that the front face may serve as an inside of the side attachment wall of a container 1, and abbreviation one. Actuator 106b contains the piezo-electric layer 160, the up

electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176. The lower electrode 166 is formed in the top face of a diaphragm 176. The piezo-electric layer 160 is formed in the top face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. Therefore, the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted from the upper and lower sides with the up electrode 164 and the lower electrode 166. The piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 form a piezoelectric device. The piezoelectric device is formed on the diaphragm 176. A piezoelectric device and the oscillating field of a diaphragm 176 are the oscillating sections in which an actuator actually vibrates. The thin wall 380 is formed in the side attachment wall of a container 1. A container 1 is equipped only with a diaphragm 176 so that the thin wall 380 of the ink container 1 may be contacted, so that module object 750B may be shown in a field (B) opposite to the piezoelectric-device side of the oscillating section of actuator 106b, i.e., drawing 29. Therefore, residual vibration of the oscillating section of actuator 106b is carried out with the thin wall 380.

[0284] Next, the actuation of module object 750B shown in drawing 29 (B) is explained. The up electrode 164 and the lower electrode 166 transmit the signal of the resonance frequency which the piezo-electric layer 160 detects to a recording device while transmitting a driving signal to the piezo-electric layer 160. It oscillates with the driving signal transmitted with the up electrode 164 and the lower electrode 166, and the piezo-electric layer 160 vibrates with a resonant period after that. Since the diaphragm 176 touches the thin wall 380 of a container 1, residual vibration of the oscillating section of actuator 106b is carried out with the thin wall 380. Since the inside side of the container 1 of the thin wall 380 contacts ink, in case actuator 106b carries out residual vibration with the thin wall 380, the resonance frequency and the amplitude of this residual vibration change with ink residues. By this residual vibration, the piezo-electric layer 160 generates back EMF. And an ink residue is detectable by counting the period of vibration of the back EMF wave, and detecting the resonance frequency at that time.

[0285] In module object 750B of drawing 29 (B), the embedding to the module object of the electrode of a reed wire (104a, 104b, 404a, 404b, 504a, and 504b) shown in drawing 27 from drawing 23 becomes unnecessary. For this reason, a forming cycle is simplified. Furthermore, it becomes exchange of module object 750B, and recyclable. Furthermore, since actuator 106b is protected by the pedestal 360, actuator 106b can be protected from contact outside.

[0286] Drawing 30 (A) shows the sectional view of the ink container when equipping a container 1 with module object 700B. In the case of drawing 30 (A), module object 700B is used as one of the attachment structures. The container 1 is equipped with module object 700B as the liquid-container attachment section 360 projects inside a container 1. A through tube 370 is formed in the attachment plate 350, and a through tube 370 and the oscillating section of actuator 106b face. Furthermore, a hole 382 is formed in the bottom wall of module object 700B, and the piezoelectric device applied part 363 is formed. As actuator 106b closes a hole 382, it is arranged.

[0287] Therefore, ink contacts a diaphragm 176 through the hole 382 of the piezoelectric device applied part 363, and the through tube 370 of the attachment plate 350. Both the hole 382 of the piezoelectric device applied part 363 and the through tube 370 of the attachment plate 350 form an ink reservoir. The piezoelectric device applied part 363 and actuator 106b are being fixed by the attachment plate 350 and the film member. Moreover, the sealing structure 372 is formed in the connection of the liquid-container attachment section 360 and a container 1. The sealing structure 372 may be formed with reversible ingredients, such as synthetic resin, and may be formed with an O ring. Although module object 700B of drawing 30 (A) and a container 1 are another objects, as shown in drawing 30 (B), the piezoelectric device applied part of module object 700B may consist of some containers 1.

[0288] In module object 700B of drawing 30 (A), the embedding to the module object of a reed wire shown in drawing 27 from drawing 23 becomes unnecessary. For this reason, a forming cycle is simplified. Furthermore, it becomes exchangeable [module object 700B], and becomes recyclable.

[0289] In case an ink cartridge shakes, ink may adhere to the top face or side face of a container 1. Such ink may hang down from the top face or side face of a container 1, may contact actuator 106b, and may incorrect-operate actuator 106b. However, when the liquid-container attachment section 360 of module object 700B has projected inside the container 1, actuator 106b does not incorrect-

operate in the ink which has hung down from the top face and side face of a container 1.

[0290] Moreover, in the example of drawing 30 (A), a container 1 is equipped with some of diaphragms 176 and attachment plates 350 so that the ink in a container 1 may be contacted.

[0291] Drawing 30 (B) shows the sectional view of the ink container about other examples when equipping a container 1 with actuator 106b. In the ink cartridge by the example of drawing 30 (B), the protection member 361 is attached in the container 1 as another object with actuator 106b.

Therefore, the protection member 361 and actuator 106b are not united as a module. However, the protection member 361 can be protected so that a user's hand cannot touch actuator 106b. The hole 380 is arranged by the side attachment wall of a container 1 corresponding to the front face of actuator 106b.

[0292] Actuator 106b contains the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, the diaphragm 176, and the attachment plate 350. A diaphragm 176 is formed in the top face of the attachment plate 350, and the lower electrode 166 is formed in the top face of a diaphragm 176. And the piezo-electric layer 160 is formed in the top face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. Therefore, the principal part of the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted by the principal part of the up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166 from the upper and lower sides. The circular part which is each principal part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms a piezoelectric device. The piezoelectric device is formed on the diaphragm 176. A piezoelectric device and the oscillating field of a diaphragm 176 are the oscillating sections in which an actuator actually vibrates. The through tube 370 is formed in the attachment plate 350. Therefore, ink contacts a diaphragm 176 through the hole 380 of a container 1, and the through tube 370 of the attachment plate 350. Both the hole 380 of a container 1 and the through tube 370 of the attachment plate 350 form an ink reservoir. Moreover, in the example of drawing 30 (B), actuator 106b is protected from contact outside by the protection member 361.

[0293] In addition, actuator 106b and the attachment plate 350 in drawing 30 (A) and the example of (B) are replaceable at the actuator 106 which has the substrate 178 of drawing 1.

[0294] Drawing 30 (C) shows an operation gestalt equipped with the mold structure 600 containing actuator 106b. In the example of drawing 30 (c), the mold structure 600 is used as one of the attachment structures. The mold structure 600 has actuator 106b and the mold section 364. Actuator 106b and the mold section 364 are fabricated by one. The mold section 364 is fabricated with reversible ingredients, such as silicon resin. The mold section 364 is formed so that it may have two guide pegs prolonged from the actuator 106b side. The foot of the mold section 364 has a reed wire 362 inside. the mold section 364 — the mold section 364 and a container 1 — liquid — since it fixes densely, the edge of two guide pegs of the mold section 364 is formed in the shape of a semi-sphere on the outside of a container 1. A container 1 is equipped with the mold section 364 so that actuator 106b may project inside a container 1. Thereby, the oscillating section of actuator 106b contacts the ink in a container 1. The up electrode 164, the piezo-electric layer 160, and the lower electrode 166 of actuator 106b are protected from contact in ink by the mold section 364.

[0295] For the mold structure 600 of drawing 30 (C), ink is a pile to the leakage from a container 1 without needing the sealing structure 372 between the mold section 364 and a container 1. Moreover, since it is the gestalt in which the mold structure 600 does not project from the exterior of a container 1, actuator 106b can be protected from contact outside. Moreover, since the mold section 364 has projected the mold structure 600 inside the container 1, actuator 106b does not incorrect-operate in the ink which has hung down from the top face and side face of a container 1.

[0296] Drawing 31 shows the operation gestalt of the ink cartridge and ink jet recording device using the actuator 106 shown in drawing 1. The ink jet recording device which has two or more ink induction 182 and electrode holders 184 corresponding to each ink cartridge 180 is equipped with two or more ink cartridges 180. Two or more ink cartridges 180 hold the ink of a class different, respectively, for example, a different color. Each base of two or more ink cartridges 180 is equipped with the actuator 106 which is a means to detect an acoustic impedance at least. By equipping an ink cartridge 180 with an actuator 106, the ink residue in an ink cartridge 180 is detectable.

[0297] Drawing 32 shows the detail of the head section circumference of an ink jet recording device. An ink jet recording device has the ink induction 182, an electrode holder 184, the head plate 186, and

a nozzle plate 188. Two or more formation of the nozzle 190 which injects ink is carried out at the nozzle plate 188.

[0298] The ink induction 182 has the air supply opening 181 and the ink inlet 183. The air supply opening 181 supplies air to an ink cartridge 180. Ink is introduced into the ink inlet 183 from an ink cartridge 180.

[0299] An ink cartridge 180 has an air induction inlet 185 and the ink feed hopper 187. Air is introduced into an air induction inlet 185 from the air supply opening 181 of the ink induction 182. The ink feed hopper 187 supplies ink to the ink inlet 183 of the ink induction 182. By introducing air into an ink cartridge 180 from an air induction inlet 185, it is urged to supply of the ink from the ink cartridge 180 to the ink induction 182. An electrode holder 184 opens for free passage the ink supplied through the ink induction 182 from the ink cartridge 180 on the head plate 186.

[0300] Drawing 33 shows other operation gestalten of an ink cartridge 180 shown in drawing 30. Base 194a by which ink cartridge 180A of drawing 33 (A) was aslant formed in the vertical direction is equipped with the actuator 106. Since it is aslant equipped with the actuator 106 to the vertical direction of the ink container 194, it becomes the ***** fitness of ink.

[0301] Inside the ink container 194 of an ink cartridge 180, the breaking-the-water wall 192 is formed in the actuator 106 and the faced location from the internal base of the ink container 194 at predetermined height. The gap filled with ink is formed between an actuator 106 and the breaking-the-water wall 192. Spacing of the breaking-the-water wall 192 and an actuator 106 is vacated for extent with which ink is not held according to the capillary tube force.

[0302] When the ink container 194 rolls, the wave of ink occurs in the ink container 194 interior, a gas and air bubbles are detected by the impact with an actuator 106, and an actuator 106 may incorrect-operate by it. However, by establishing the breaking-the-water wall 192, the wave of the ink of the actuator 106 neighborhood can be prevented and incorrect actuation of an actuator 106 can be prevented.

[0303] It is equipped with the actuator 106 of ink cartridge 180B of drawing 33 (B) on the side attachment wall of the feed hopper of the ink container 194. As long as it is near the ink feed hopper 187, the side attachment wall or base of the ink container 194 may be equipped with an actuator 106. Moreover, as for an actuator 106, it is desirable that the core of the cross direction of the ink container 194 is equipped.

[0304] Since ink passes the ink feed hopper 187 and is supplied outside, ink and an actuator 106 contact certainly to an ink near end time by forming an actuator 106 near the ink feed hopper 187. Therefore, an actuator 106 can detect the time of an ink near end certainly.

[0305] Furthermore, by forming an actuator 106 near the ink feed hopper 187, in case the cartridge holder on carriage is equipped with an ink container, positioning with the actuator 106 on an ink container and the contact on carriage becomes certain. The reason is that positive association with an ink feed hopper and a supply needle is the most important in connection on an ink container and carriage. If a gap is among these, its tip of a supply needle is hurt, or a damage is given to sealing structures, such as an O ring, and ink will begin to leak. In order to prevent such a trouble, the ink jet printer usually has the special structure which can do exact alignment, when mounting an ink container on carriage. Therefore, it becomes a positive thing also about the alignment of an actuator by arranging an actuator near the feed hopper at coincidence. Furthermore, more positive alignment is realizable by equipping the core of the cross direction of the ink container 194 with an actuator 106. When an ink container carries out axial rocking a core [a crosswise center line] at the time of wearing to a holder, it is because there are few the shakes.

[0306] Drawing 34 shows the operation gestalt of further others of an ink cartridge 180. The sectional view which expanded side-attachment-wall 194b of ink cartridge 180C which showed drawing 34 (A) in the sectional view of ink cartridge 180C, and showed drawing 34 (B) to drawing 34 (A), and drawing 34 (C) are the perspective drawing from the transverse plane.

[0307] It is formed on the circuit board 610 with the semi-conductor storage means 7 and an actuator 106 same [ink cartridge 180C]. As shown in drawing 34 (B) and drawing 34 (C), the semi-conductor storage means 7 is formed above the circuit board 610, and the actuator 106 is formed under the semi-conductor storage means 7 in the same circuit board 610.

[0308] Side-attachment-wall 194b is equipped with variant O ring 614 so that the perimeter of an

actuator 106 may be surrounded. Two or more formation of the caulking section 616 for joining the circuit board 610 to the ink container 194 is carried out at side-attachment-wall 194b. while the oscillating field of an actuator 106 can be made to perform contacting ink by joining the circuit board 610 to the ink container 194 through the caulking section 616, and pushing variant O ring 614 against the circuit board 610 — the exterior and the interior of an ink cartridge — liquid — it is kept dense.

[0309] The terminal 612 is formed in the semi-conductor storage means 7 and semi-conductor storage means 7 neighborhood. A terminal 612 delivers the signal between the semi-conductor storage means 7 and the exteriors, such as ink jet storage. The semi-conductor storage means 7 may be constituted by the rewritable semiconductor memory of EEPROM etc. On the same circuit board 610, since it is, the semi-conductor storage means 7 and an actuator 106 end like 1 time of a shipfitter, formation, now in case an actuator 106 and the semi-conductor storage means 7 are attached in ink cartridge 180C. Moreover, the routing at the time of manufacture of ink cartridge 180C and recycle is simplified. Furthermore, since the mark of components are reduced, the manufacturing cost of ink cartridge 180C can be reduced.

[0310] An actuator 106 detects the consumption condition of the ink in the ink container 194. The semi-conductor storage means 7 stores the information on ink, such as an ink residue which the actuator 106 detected. Moreover, the semi-conductor storage means 7 stores the information about property parameters, such as the property of the ink used in case an ink residue etc. is detected, and an ink cartridge.

[0311] The semi-conductor storage means 7 stores resonance frequency when the ink in the ink container 194 is consumed as one of the property parameters, when the ink in the ink container 194 is full beforehand (i.e., when ink is filled in the ink container 194), or when ink is an end. The ink in the ink container 194 may be stored when, as for the resonance frequency of full or an end condition, an ink jet recording device is equipped with an ink container for the first time. Moreover, as for the resonance frequency of full or an end condition, the ink in the ink container 194 may be stored during manufacture of the ink container 194.

[0312] Dispersion at the time of detecting an ink residue can be amended by storing resonance frequency in case the ink in the ink container 194 is full or an end beforehand in the semi-conductor storage means 7, and reading the data of resonance frequency by the ink jet recording apparatus side. Thereby, it is correctly detectable that the ink residue decreased to the reference value.

[0313] Drawing 35 shows the operation gestalt of further others of an ink cartridge 180. As for ink cartridge 180D shown in drawing 35 (A), side-attachment-wall 194b of the ink container 194 is equipped with two or more actuators 106. The thing of the actuator 106 of these plurality for which respectively is supposed and two or more really shown [in drawing 15] fabricated actuators 106 are used is desirable. Two or more actuators 106 set spacing in the vertical direction, and are arranged at side-attachment-wall 194b. By setting two or more actuators 106 in the vertical direction, and arranging spacing for them in it at side-attachment-wall 194b, an ink residue is gradually detectable.

[0314] As for ink cartridge 180E shown in drawing 35 (B), side-attachment-wall 194b of the ink container 194 is equipped with the actuator 606 long in the vertical direction. Change of the ink residue in the ink container 194 is continuously detectable in the vertical direction with the long actuator 606. As for the die length of an actuator 606, it is desirable to have the die length more than one half of the height of side-attachment-wall 194b. the actuator 606 in drawing 35 (B) — side-attachment-wall 194b — it has the die length to a lower limit mostly from upper limit.

[0315] Side-attachment-wall 194b of the ink container 194 is equipped with two or more actuators 106 like ink cartridge 180D shown in drawing 35 (A) by ink cartridge 180F shown in drawing 35 (C). Moreover, predetermined spacing is set to confrontation of two or more actuators 106, and it has the long breaking-the-water wall 192 in the vertical direction. The thing of the actuator 106 of these plurality for which respectively is supposed and two or more really shown [in drawing 15] fabricated actuators 106 are used is desirable.

[0316] The gap filled with ink is formed between an actuator 106 and the breaking-the-water wall 192. Moreover, spacing of the breaking-the-water wall 192 and an actuator 106 is vacated for extent with which ink is not held according to the capillary tube force.

[0317] When the ink container 194 rolls, the wave of ink occurs in the ink container 194 interior, a gas and air bubbles will be detected by the impact with an actuator 106, and an actuator 106 may

incorrect-operate by it. However, by establishing the breaking-the-water wall 192 like drawing 35 (c), ***** of the ink of the actuator 106 neighborhood can be prevented and incorrect actuation of an actuator 106 can be prevented. Moreover, the breaking-the-water wall 192 prevents the air bubbles generated because ink rocks invading into an actuator 106.

[0318] Drawing 36 shows the operation gestalt of further others of an ink cartridge 180. Ink cartridge 180G of drawing 36 (A) have two or more septa 212 caudad prolonged from top-face 194c of the ink container 194. Predetermined spacing is vacated and the lower limit of each septum 212 and the base of the ink container 194 are opening the pars basilaris ossis occipitalis of the ink container 194 for free passage. Ink cartridge 180G have two or more hold rooms 213 divided as two or more septa 212 be alike, respectively. The pars basilaris ossis occipitalis of two or more hold rooms 213 is mutually open for free passage.

[0319] In each of two or more hold rooms 213, top-face 194c of the ink container 194 is equipped with the actuator 106. The thing of the actuator 106 of these plurality for which respectively is supposed and the really shown [in drawing 15] fabricated actuator 106 is used is desirable. an actuator 106 — top-face 194c of the hold room 213 of the ink container 194 — it is mostly arranged in the center.

[0320] The capacity of the hold room 213 is becoming small gradually as the ink feed hopper 187 side is the largest and keeps away from the ink feed hopper 187 into the ink container 194. Therefore, spacing by which an actuator 106 is arranged is also narrow as the ink feed hopper 187 side is large and keeps away from the ink feed hopper 187 into the ink container 194.

[0321] Ink is discharged from the ink feed hopper 187, and air enters from an air induction inlet 185. For this reason, the ink of the hold room 213 of the direction in the inner part of ink cartridge 180G is consumed sequentially from the ink of the hold room 213 by the side of the ink feed hopper 187. For example, while the ink of the hold room 213 nearest to the ink feed hopper 187 was consumed and the water level of the ink of the hold room 213 nearest to the ink feed hopper 187 has fallen, ink is filled at other hold rooms 213. If all the ink of the hold room 213 nearest to the ink feed hopper 187 is consumed, air will count from the ink feed hopper 187, and will trespass upon the 2nd hold room 213, the ink in the 2nd hold room 213 will begin to be consumed, and the water level of the ink of the 2nd hold room 213 will begin to fall. It counts from the ink supply room 187, and ink is filled at this time at the hold room 213 of the 3rd henceforth. Thus, ink is consumed in order at the hold room 213 distant from the hold room 213 near the ink feed hopper 187.

[0322] Thus, since the actuator 106 is arranged every hold room 213 at top-face 194c of the ink container 194, as for an actuator 106, reduction of the amount of ink is gradually detectable. Furthermore, the capacity of the hold room 213 can detect frequency highly, so that the time interval to which an actuator 106 detects reduction of the amount of ink since it is becoming small gradually toward the back from the ink feed hopper 187 becomes gradually small and it approaches an ink end. [0323] Ink cartridge 180H of drawing 36 (B) have one septum 212 caudad prolonged from top-face 194c of the ink container 194. Predetermined spacing is vacated and the lower limit of a septum 212 and the base of the ink container 194 are opening the pars basilaris ossis occipitalis of the ink container 194 for free passage. Ink cartridge 180H have two hold rooms 213a and 213b divided by the septum 212. The pars basilaris ossis occipitalis of the hold rooms 213a and 213b is mutually open for free passage.

[0324] The capacity of hold room 213a by the side of the ink feed hopper 187 is seen from the ink feed hopper 187, and is larger than the capacity of hold room 213b in the direction of back. As for especially the capacity of hold room 213b, it is desirable that it is smaller than the one half of the capacity of hold room 213a.

[0325] Top-face 194c of hold room 213b is equipped with an actuator 106. Furthermore, the buffer 214 which is the slot which catches the air bubbles into which it goes at the time of manufacture of ink cartridge 180H is formed in hold room 213b. In drawing 36 (B), the buffer 214 is formed as a slot which extends in the upper part from side-attachment-wall 194b of the ink container 194. A buffer 214 catches the air bubbles which invaded in ink hold room 213b. For this reason, an actuator 106 can prevent incorrect-recognizing an ink end with air bubbles.

[0326] In addition, since the actuator 106 is formed in top-face 194c of hold room 213b, ink can be consumed to the last by applying the amendment corresponding to the consumption condition of the

ink in hold room 213a grasped with the dot counter to the amount of ink after an ink near end is detected until it will be in ink and a condition completely. Furthermore, the amount of ink after ink near end detection which can be consumed is changeable by adjusting the capacity of hold room 213b by changing the die length and spacing of a septum 212 etc.

[0327] As for ink cartridge 180I of drawing 36 (C), hold room 213b of ink cartridge 180H of drawing 36 (B) is filled up with the porosity member 216. The porosity member 216 is installed so that the whole space from the top face in hold room 213b to an inferior surface of tongue may be filled, and it touches the actuator 106.

[0328] During the reciprocating motion on the time of an ink container falling, or carriage, air may invade in ink hold room 213b, and this may cause incorrect actuation of an actuator 106. However, if it has the porosity member 216, since the porosity member 21 will catch air, it can prevent an actuator 106 and air contacting. Moreover, since the porosity member 216 also holds ink, also when an ink container shakes, it can prevent applying ink to an actuator 106 and an actuator 106 incorrect-detecting those without ink with those with ink. As for the porosity member 216, it is desirable to install in the hold room 213 where capacity is the smallest.

[0329] In addition, since the actuator 106 is formed in top-face 194c of hold room 213b, ink can be consumed to the last by applying the amendment corresponding to the consumption condition of the ink in hold room 213a grasped with the dot counter to the amount of ink after an ink near end is detected until it will be in ink and a condition completely. Furthermore, the amount of ink after ink near end detection which can be consumed is changeable by adjusting the capacity of hold room 213b by changing the die length and spacing of a septum 212 etc.

[0330] Ink cartridge 180J of drawing 36 (D) are constituted by two kinds of porosity members 216A and 216B from which an aperture differs [the porosity member 216 of ink cartridge 180I of drawing 36 (C)]. Porosity member 216A is arranged above porosity member 216B. The aperture of upper porosity member 216A is larger than the aperture of lower porosity member 216B. Or porosity member 216A may be formed by the member with low liquid compatibility rather than porosity member 216B.

[0331] Since the capillary tube force is larger than porosity member 216A of an aperture with the small larger porosity member 216B of an aperture, the ink in hold room 213b gathers for lower porous chamber portion material 216B, and is held. Therefore, if air reaches even to an actuator 106 once and an actuator 106 detects those without ink, ink will reach an actuator again and an actuator 106 will not detect with those with ink. Furthermore, since ink is absorbed by porosity member 216B of a side far from an actuator 106, ***** of about 106-actuator ink is good. For this reason, the variation of the acoustic-impedance change when detecting ink existence becomes large.

[0332] In addition, since the actuator 106 is formed in top-face 194c of hold room 213b, ink can be consumed to the last by applying the amendment corresponding to the consumption condition of the ink in hold room 213a grasped with the dot counter to the amount of ink after an ink near end is detected until it will be in ink and a condition completely. Furthermore, the amount of ink after ink near end detection which can be consumed is changeable by adjusting the capacity of hold room 213b by changing the die length and spacing of a septum 212 etc.

[0333] Drawing 37 (A) is the sectional view showing ink cartridge 180K which are the operation gestalt which transformed ink cartridge 180I shown in drawing 36 (C). The lower part of the porosity member 216 of ink cartridge 180K shown in drawing 37 (A) is compressed to become small gradually towards the direction of the base of the ink container 194, and it is designed so that the horizontal cross section and a horizontal aperture may become small. As shown in drawing 37 (A), in order that ink cartridge 180K may compress the lower part of the porosity member 216 so that the aperture becomes small, the rib is prepared in the side attachment wall. Since it is small by being compressed, ink is collected in the porosity member 216 lower part, and the aperture of the porosity member 216 lower part is held. Since ink is absorbed by the porosity member 216 lower part far from an actuator 106, ***** of about 106-actuator ink is good. For this reason, the variation of the acoustic-impedance change when detecting ink existence becomes large. Therefore, when ink shakes, ink is applied to the actuator 106 with which ink cartridge 180K top face was equipped, it can keep, and an actuator 106 can prevent incorrect-detecting those without ink with those with ink.

[0334] On the other hand, ink cartridge 180L of drawing 37 (B) and drawing 37 (C) is compressed so that the lower part of the porosity member 216 becomes small gradually towards the base of the ink

container 194 in the cross direction of the ink container 194, and the horizontal cross section and a horizontal aperture are becoming small gradually towards the direction of the base of the ink container 194. Since it is small by being compressed, ink is collected in the lower part of the porosity member 216, and the aperture of the porosity member 216 lower part is held. Since ink is absorbed by the lower part of porosity member 216B far from an actuator 106, ***** of about 106-actuator ink is good. For this reason, the variation of the acoustic-impedance change when detecting ink existence becomes large. Therefore, when ink shakes, ink is applied to the actuator 106 with which the top face of ink cartridge 180L was equipped, it can keep, and an actuator 106 can prevent incorrect-detecting those without ink with those with ink.

[0335] Drawing 38 (A) shows the operation gestalt of further others of the ink cartridge which used the actuator 106. Ink cartridge 220A of drawing 38 (A) has the 1st septum 222 formed so that it might extend from the top face of ink cartridge 220A to a lower part. Predetermined spacing is vacated between the lower limit of the 1st septum 222, and the base of ink cartridge 220A, and ink can flow now into the ink feed hopper 230 through the base of ink cartridge 220A. The 2nd septum 224 is formed in the ink feed hopper 230 side to the 1st septum 222 so that it may extend more nearly up than the base of ink cartridge 220A. Predetermined spacing is vacated between the upper limit of the 2nd septum 224, and an ink cartridge 220A top face, and ink can flow now into the ink feed hopper 230 through the top face of ink cartridge 220A.

[0336] By the 1st septum 222, it sees from the ink feed hopper 230, and 1st hold room 225a is formed in the direction in the inner part of the 1st septum 222. On the other hand, by the 2nd septum 224, it sees from the ink feed hopper 230, and 2nd hold room 225b is formed in the near side of the 2nd septum 224. The capacity of 1st hold room 225a is larger than the capacity of 2nd hold room 225b. Between the 1st septum 222 and the 2nd septum 224, only spacing which can cause capillarity is vacated, namely, the capillary tube way 227 is formed. Therefore, the ink of 1st hold room 225a is brought together in the capillary tube way 227 according to the capillary tube force of the capillary tube way 227. For this reason, a gas and air bubbles can prevent mixing to 2nd hold room 225b. Moreover, the water level of the ink in 2nd hold room 225b can descend gradually stably. Since it sees from the ink feed hopper 230 and 1st hold room 225a is formed in the back from 2nd hold room 225b, after the ink of 1st hold room 225a is consumed, the ink of 2nd hold room 225b is consumed.

[0337] And the side attachment wall by the side of the ink feed hopper 230 of ink cartridge 220A, i.e., the side attachment wall by the side of the ink feed hopper 230 of 2nd hold room 225b, is equipped with the actuator 106. An actuator 106 detects the consumption condition of the ink in 2nd hold room 225b. By equipping the side attachment wall of 2nd hold room 225b with an actuator 106, when near, an ink residue is stably detectable with an ink end. Furthermore, it can set up freely which time the ink residue in is made into an ink end by changing the height which equips the side attachment wall of 2nd hold room 225b with an actuator 106.

[0338] Since ink is supplied to 2nd hold room 225b from 1st hold room 225a through the capillary tube way 227, an actuator 106 cannot be easily influenced by the ink by rolling of ink cartridge 220A of rolling. Therefore, an actuator 106 can measure an ink residue more certainly. Furthermore, since the capillary tube way 227 holds ink, it is prevented that ink flows backwards from 2nd hold room 225b to 1st hold room 225a.

[0339] Moreover, the check valve 228 is formed in the top face of ink cartridge 220A. A check valve 228 prevents ink leaking to the ink cartridge 220A exterior, when ink cartridge 220A rolls. Furthermore, the evaporation from ink cartridge 220A of ink can also be prevented by installing a check valve 228 in the top face of ink cartridge 220A. If the ink in ink cartridge 220A is consumed and the negative pressure in ink cartridge 220A exceeds the pressure of a check valve 228, a check valve 228 will open and air will be inhaled to ink cartridge 220A. Thereby, the pressure in ink cartridge 220A is held at abbreviation regularity.

[0340] Drawing 38 (C) and (D) are drawings showing the cross section of the detail of a check valve 228. The check valve 228 of drawing 38 (C) has the valve 232 which has wing 232a formed of rubber. Wing 232a has countered with the air hole 233 with the exterior of an ink cartridge 220. An air hole 233 is opened and closed by deformation of wing 232a. That is, if the ink in an ink cartridge 220 decreases in number and the negative pressure in an ink cartridge 220 exceeds the pressure of a check valve 228, wing 232a will deform inside an ink cartridge 220 (opening), and external air will be

adopted in an ink cartridge 220.

[0341] The check valve 228 of drawing 38 (D) has the valve 232 and spring 235 which were formed of rubber. If the negative pressure in an ink cartridge 220 exceeds the pressure of a check valve 228, a valve 232 resists a spring 235, it will descend (pressing) (opening) and external air will be inhaled in an ink cartridge 220.

[0342] On the other hand, ink cartridge 220B shown in drawing 38 (B) arranges the porosity member 242 to 1st hold room 225a in ink cartridge 220A of drawing 38 (A) instead of forming a check valve 228. When ink cartridge 220B rolls, ink leaks to the exterior of ink cartridge 220B, and the porosity member 242 prevents things, while holding the ink in ink cartridge 220B.

[0343] In the above, the case where the ink cartridge concerned or carriage was equipped with an actuator 106 was explained to the carriage with which carriage and carriage are equipped, and the ink cartridge of another object. However, it unites with carriage and the ink tank with which an ink jet recording apparatus is equipped with carriage may be equipped with an actuator 106. Furthermore, the ink tank of carriage and the off-carriage method which supplies ink to carriage through the tube of another object etc. may be equipped with an actuator 106. Moreover, the ink cartridge equivalent part of the member which the recording head and the ink container were united and was constituted exchangeable may be equipped with the actuator of this invention.

[0344] In addition, the recording device control sections 2000, 2002, 2004, and 2006, each of those elements, and control unit 840c (refer to drawing 10) may be constituted by the computer system. The record medium 201 (refer to drawing 5) which recorded the program and the program concerned for realizing each of these elements on the computer system here and in which computer read is possible is also a candidate for protection in this case.

[0345] Furthermore, when each aforementioned element is realized by programs, such as OS which operates on a computer system, the record medium 202 which recorded the program including the various instructions which control programs, such as the OS concerned, and the program concerned is also a candidate for protection in this case.

[0346] Here, in record media 201 and 202, although it can recognize as simple substances, such as a floppy disk, the network which makes others and various signals spread is also included.

[0347] In addition, as an example of a liquid, GRU, a manicure, etc. may be used other than ink.

[0348] As mentioned above, although this invention was explained using the gestalt of two or more operations, the technical range of this invention is not limited to the range given in the gestalt of the above-mentioned implementation. Various modification or amelioration can be added to the gestalt of the above-mentioned implementation. It is clear from the publication of a claim that the gestalt's which added such modification or amelioration it may be contained in the technical range of this invention.

[0349]

[Effect of the Invention] In order that according to this invention the digital signal generation circuit section may generate the digital signal based on the back EMF signal and the detector section may detect a liquid consumption condition based on the digital signal concerned, signal processing in the detector section turns into digital processing, and it is hard to be influenced by the noise.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is drawing showing the detail of an actuator 106.
- [Drawing 2] It is drawing showing the circumference of an actuator 106, and its equal circuit.
- [Drawing 3] It is drawing showing the relation between the consistency of ink, and the resonance frequency of the ink detected by the actuator 106.
- [Drawing 4] It is drawing showing the back EMF wave of an actuator 106.
- [Drawing 5] It is drawing showing the configuration of the recording device control section 2000 which controls an ink jet recording device by an actuator 106 detecting change of an acoustic impedance based on the result which detected the consumption condition of the liquid in a liquid container 1, and was detected.
- [Drawing 6] It is the block diagram showing the record device control section 2002 of the gestalt of other operations.
- [Drawing 7] It is drawing of the recording device control section 2000 shown in drawing 5 showing the gestalt of other operations further.
- [Drawing 8] It is drawing of the recording device control section 2004 shown in drawing 7 showing the gestalt of other operations further.
- [Drawing 9] It is the flow chart which shows the operations sequence of the recording apparatus control section 2006 shown in drawing 8 .
- [Drawing 10] It is drawing showing the circuitry of the measuring circuit section 800.
- [Drawing 11] It is drawing showing other examples of the circuitry of the measuring circuit section 800.
- [Drawing 12] It is the flow chart which shows the operations sequence of the noise effect distinction section 880.
- [Drawing 13] It is drawing showing the circuitry of the detector section 1100.
- [Drawing 14] It is drawing showing the detailed circuitry of the liquid existence judging section 1000 shown in drawing 13 .
- [Drawing 15] It is drawing showing other operation gestalten of an actuator 106.
- [Drawing 16] It is drawing showing some cross sections of the actuator 106 shown in drawing 15 .
- [Drawing 17] It is drawing showing the cross section of the whole actuator 106 shown in drawing 16 .
- [Drawing 18] It is drawing showing the manufacture approach of the actuator 106 shown in drawing 15 .
- [Drawing 19] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the ink cartridge of this invention.
- [Drawing 20] It is drawing showing other operation gestalten of through tube 1c.
- [Drawing 21] It is drawing showing other operation gestalten of an actuator 660.
- [Drawing 22] It is drawing showing the operation gestalt of further others of an actuator 670.
- [Drawing 23] It is the perspective view showing the module object 100.
- [Drawing 24] It is the exploded view showing the configuration of the module object 100 shown in drawing 23 .
- [Drawing 25] It is drawing showing other operation gestalten of the module object 100.
- [Drawing 26] It is the exploded view showing the configuration of the module object 400 shown in

drawing 25 .

[Drawing 27] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the module object 100.

[Drawing 28] It is drawing showing the example of the cross section which equipped the ink container 1 with the module object 100 shown in drawing 23 .

[Drawing 29] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the module object 100.

[Drawing 30] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the module object 100.

[Drawing 31] It is drawing showing the operation gestalt of the ink cartridge and ink jet recording device using the actuator 106 shown in drawing 1 and drawing 2 .

[Drawing 32] It is drawing showing the detail of an ink jet recording device.

[Drawing 33] It is drawing showing other operation gestalten of an ink cartridge 180 shown in drawing 32 .

[Drawing 34] It is drawing showing the operation gestalt of further others of an ink cartridge 180.

[Drawing 35] It is drawing showing the operation gestalt of further others of an ink cartridge 180.

[Drawing 36] It is drawing showing the operation gestalt of further others of an ink cartridge 180.

[Drawing 37] It is drawing showing other operation gestalten of an ink cartridge 180 shown in drawing 36 (C).

[Drawing 38] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the ink cartridge using the module object 100.

[Description of Notations]

1 Container

1a Base

1b Side attachment wall

1c, 40a Through tube

1d Side face

1e, 1f Level difference section

1g, 1h Slot

2 Ink Feed Hopper

40 41 Green sheet

42 44 Conductive layer

44' Connection

47 48 Spacing member

67 Plate

68 Float

71 Adhesives Layer

78 80,178 Substrate

73, 82, a piezo-electric diaphragm

74 75 Ink absorber

76 Packing

77 Caulking Hole

81 Crevice

100,400 500,700 Module object

101, 401, 501 Liquid-container attachment section

102 Pedestal

104 362 Reed wire

105, 405, 505 Piezoelectric device applied part

106, 106b, 650, 660, 670 Actuator

108 Film

110 Plate

112, 412, 370 Through tube

113 Crevice

114 Opening

116 Cylinder Section

160 Piezo-electric Layer

162 Cavity

164 Up Electrode
166 Lower Electrode
168 Up Electrode Terminal
170 Lower Electrode Terminal
172 Auxiliary Electrode
174 Piezoelectric Device
176 Diaphragm
180 Ink Cartridge
181 Air Supply Opening
182 Ink Induction
183 Ink Inlet
184 Electrode Holder
185 Air Induction Inlet
186 Head Plate
187 Ink Feed Hopper
188 Nozzle Plate
190 Nozzle
192 Breaking-the-Water Wall
194 Ink Container
194a Base
194b Side attachment wall
194c Top face
212 Septum
213, 213a, 213b Hold room
214 Buffer
216, 216a, 216b Porosity member
220 Ink Cartridge
222 1st Septum
224 2nd Septum
225a The 1st hold room
225b The 2nd hold room
227 Capillary Tube Way
228 Check Valve
230 Ink Feed Hopper
232 Valve
232a Wing
233 Air Hole
235 Spring
242 Porosity Member
250 Carriage
252 Recording Head
254 Ink Supply Needle
256 SubTank Unit
258 258' Heights
260 260' Elastic wave generating means
262 Ink Room
266 Film Valve
270 Valve Element
272 Ink Cartridge
274 Container
274a Base
274b Side face
276 Ink Feed Hopper
278 Crevice

280 280' Gelation material
282 Packing
284 Spring
286 Valve Element
288 Semi-conductor Storage Means
290 Container
290a Base
292, 294, 296 Ink room
298, 300, 302 Ink feed hopper
304, 306, 308 Gelation material
310, 312, 314 Crevice
316 Plate
318 Float
350 Attachment Plate
360 Liquid-Container Attachment Section
364 Mold Section
372 Sealing Structure
402 502 Pedestal
403 503 Cylinder section
404 504 Reed wire
408 508 Film
410 510 Plate
413 513 Crevice
414 514 Opening
600 Mold Structure
606 Actuator
610 Circuit Board
612 Terminal
800,800A, 800B, 800C Measuring circuit section
810 NPN Mold Transistor
812 PNP Mold Transistor
816 Reference Potential Generation Section
817, 818, 820, 828, 830, 832 Resistance
822 826 Capacitor
824 High-pass Filter
834, 840, 842, 844, 846 Terminal
836 Comparator
840c Control unit
850, 850A, 850B, 850C Driver voltage generation section
860 Amplifier
880 Noise Effect Distinction Section
900 902 Digital circuit section
910 918 Flip-flop
912 920 Counter
914,916 NAND gate
1000 1002 Liquid existence judging section
1010 Liquid Consumption Condition Amendment Section
1011 Upper-Limit Register
1012 Lower Limit Register
1014 1016 Comparator
1018 AND Gate
1020 1022 Terminal
1100, 1102, 1104 Detector section
1200, 1202, 1210 Liquid consumption condition detecting element

1300 Head Section
1400 Control Section
1402 Recording Device Actuation Control Section
1404 Presentation Processing Section
1406 Printing Actuation Control Section
1408 Ink Supplement Processing Section
1410 Cartridge Message-Exchange Section
1412 Print-Data Storage Processing Section
1414 Printing Data Storage Section
1416 Display
1418 Loudspeaker
1420 Printing Right Hand Side
1422 Ink Supplement Equipment
1424 Cartridge Swap Device
1432 Cleaning Mechanical Component
1434 Pump
1436 Cleaning Section
1440 Head Mechanical Component
1442 Cleaning Control Section
1444 Information Storage Control Circuit Section
1450 Liquid Regurgitation Counter
1452 Liquid Consumption Amendment Section
1500, 1502, 1506 Control circuit section
2000, 2002, 2004, 2006 Recording device control section

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-156270

(P2002-156270A)

(43)公開日 平成14年5月31日(2002.5.31)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 1 F	23/22	G 0 1 F 23/22	H 2 C 0 5 6
B 4 1 J	2/175	B 4 1 J 3/04	1 0 2 Z 2 F 0 1 4
H 0 1 L	41/08	H 0 1 L 41/08	Z
	41/09		U

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 45 頁)

(21)出願番号 特願2000-351881(P2000-351881)

(22)出願日 平成12年11月17日(2000.11.17)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 田 村 登

長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

Fターム(参考) 2C056 EA29 EB20 EB51 EB56 EC07

EC23 EC26 EC64 EC67 EC72

KB05 KB08 KB11 KC12 KC13

KC16 KD06

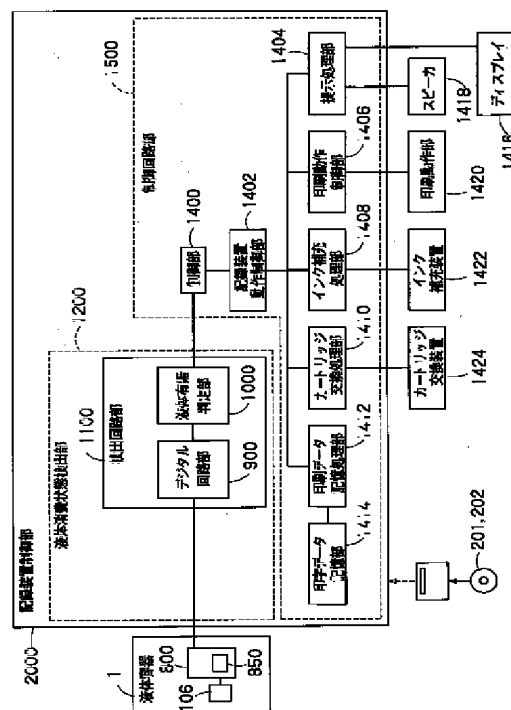
2F014 AB01 AB02 AB03 CB01

(54)【発明の名称】 液体消費状態検出器

(57)【要約】

【課題】 ノイズの影響を抑制して、誤った液体残量検出を回避することができるような、液体消費状態検出器を提供すること。

【解決手段】 本発明による液体消費状態検出器は、液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、を備える。液体消費状態検出部が、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する。液体消費状態検出部は、逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成するデジタル信号生成回路部と、デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するクロック信号を有する検出回路部と、を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項１】液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備え、液体消費状態検出部は、逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成するデジタル信号生成回路部と、デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するクロック信号を有する検出回路部と、を有することを特徴とする液体消費状態検出器。

【請求項２】デジタル信号生成回路部は、圧電素子の近傍に設けられていて、クロック信号を用いないことを特徴とする請求項１に記載の液体消費状態検出器。

【請求項３】デジタル信号生成回路部は、逆起電力信号に基づいて、逆起電力信号と略同一周波数のパルス信号をデジタル信号として生成するようになっていることを特徴とする請求項１または２に記載の液体消費状態検出器。

【請求項４】デジタル信号生成回路部は、基準電圧を生成する電圧生成部と、逆起電力信号を基準電圧を中心として増幅する増幅部と、増幅部にて増幅された信号が基準電圧に対してHighであるかLowであるかを比較し、比較結果をパルス信号として出力する比較部と、を有することを特徴とする請求項３に記載の液体消費状態検出器。

【請求項５】検出回路部は、デジタル信号生成回路部によって生成されたパルス信号に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっていることを特徴とする請求項３または４に記載の液体消費状態検出器。

【請求項６】検出回路部は、パルス信号の所定時間の振動回数を計測するカウンタを有しており、当該カウンタにより計測された数値に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっていることを特徴とする請求項５に記載の液体消費状態検出器。

【請求項７】検出回路部は、パルス信号が所定回数だけ振動する間の時間を計測するためのクロックカウンタを有しており、当該クロックカウンタにより計測された時間に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっていることを特徴とする請求項５に記載の液体消費状態検出器。

【請求項８】振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体収容空間側から見て対称な形状となっていることを特徴とする請求項１乃至７のいずれかに記載の液体消費状態検出器。

【請求項９】圧電素子は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の略中心の位置で、当該振動部の液体収容空間側とは反対側に固定されていることを特徴とする請求項８に記載の液体消費状態検出器。

【請求項１０】振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体容器内面側から見て円形となっていることを特徴とする請求項８または９に記載の液体消費状態検出器。

【請求項１１】圧電素子の振動方向は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分に対して略垂直となっていることを特徴とする請求項１乃至１０のいずれかに記載の液体消費状態検出器。

【請求項１２】液体を収容するための収容空間を区画する壁部と、請求項１乃至１１のいずれかに記載の液体消費状態検出器と、を備えたことを特徴とする液体容器。

【請求項１３】液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部を更に備えたことを特徴とする請求項１２に記載の液体容器。

【請求項１４】液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、液体を収容するための収容空間を区画する壁部と、を有する液体容器と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、液体容器に接続され、液体容器内に収容されている液体を消費する液体消費本体部と、を備え、液体消費状態検出部は、逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成するデジタル信号生成回路部と、デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するクロック信号を有する検出回路部と、を有することを特徴とする液体消費装置。

【請求項１５】デジタル信号生成回路部は、圧電素子の近傍位置で、液体容器に設置されていることを特徴とする請求項１４に記載の液体消費装置。

【請求項１６】液体消費状態検出部によって検出された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部を更に備えたことを特徴とする請求項１４または１５に記載の液体消費装置。

【請求項１７】液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部と、記憶部によって記憶された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部と、を備えたことを特徴とする請求項１４または１５に記載の液体消費装置。

【請求項１８】検出回路部は、制御回路部の近傍に設け

られていて、クロック信号を用いないことを特徴とする請求項16または17に記載の液体消費装置。

【請求項19】請求項1に記載の液体消費状態検出器を制御する制御装置であって、
圧電素子に駆動信号を与え、液体消費状態検出部に液体消費状態を検出させることを特徴とする制御装置。

【請求項20】少なくとも1台のコンピュータを含むコンピュータシステムによって実行されて、前記コンピュータシステムに請求項19に記載の制御装置を実現させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項21】少なくとも1台のコンピュータを含むコンピュータシステム上で動作する第2のプログラムを制御する命令が含まれており、
前記コンピュータシステムによって実行されて、前記第2のプログラムを制御して、前記コンピュータシステムに請求項19に記載の制御装置を実現させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音響インピーダンスの変化を検出することで、とりわけ、共振周波数の変化を検出することで、インク等の液体の消費状態を検知することができる液体消費状態検出器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】インクジェット記録装置においては、圧力発生室を加圧する圧力発生手段と、加圧されたインクをインク滴として吐出するノズル開口と、を有するインクジェット記録ヘッドが、キャリッジに搭載されている。

【0003】インクジェット記録装置では、インクタンク内のインクが流路を介して記録ヘッドに供給され続けることにより、印刷を継続可能に構成されている。インクタンクは、例えばインクが消費された時点でユーザーが簡単に交換できる、着脱可能なカートリッジとして構成されている。

【0004】従来、インクカートリッジのインク消費の管理方法としては、記録ヘッドでのインク滴の吐出数やメンテナンスにより吸引されたインク量をソフトウェアにより積算してインク消費を計算により管理する方法や、インクカートリッジに液面検出用の電極を取付けることにより実際にインクが所定量消費された時点を管理する方法などがある。

【0005】しかしながら、ソフトウェアによりインク滴の吐出数やインク量を積算してインク消費を計算上管理する方法には、次のような問題がある。ヘッドの中には吐出インク滴に重量バラツキを有するものがある。画質には影響を与えないが、累積した場合を考慮して、マージンを持たせてインクカートリッジに充填してある。

従って、個体によっては、マージン分だけインクが余るという問題が生ずる。

【0006】一方、電極によりインクが消費された時点を管理する方法は、インクの実量を検出できる。このため、インク残量を高い信頼性で管理できる。しかしながら、インクの液面の検出をインクの導電性に頼るので、検出可能なインクの種類が限定されたり、電極のシール構造が複雑化し得る。また、電極の材料としては、通常は導電性が良く耐腐食性も高い貴金属が使用されるので、インクカートリッジの製造コストがかさむ。さらに、2本の電極を装着する必要があるため、製造工程が多くなり、結果として製造コストがかさんでしまう。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】特願2000-147052号は、上記の課題を解決すべく、液体残量を正確に検出でき、かつ、複雑なシール構造を不要とした、液体容器に装着される圧電装置及びモジュール体を開示している。また、特願2000-146966号は、そのような圧電装置及びモジュール体に利用され得る検出制御回路を開示している。

【0008】本件発明者は、ノイズの影響が存在する場合、特願2000-146966号による検出制御回路では誤った液体残量検出がなされてしまうということを知見した。

【0009】本発明は、このような点を考慮してなされたものであり、ノイズの影響を抑制して、誤った液体残量検出を回避することができる液体消費状態検出器を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備え、液体消費状態検出部は、逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成するデジタル信号生成回路部と、デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するクロック信号を有する検出回路部と、を有することを特徴とする液体消費状態検出器である。

【0011】本発明によれば、デジタル信号生成回路部が逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成し、検出回路部は当該デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するため、検出回路部における信号処理はデジタル処理となっており、ノイズによる影響を受けにくい。

【0012】特に、デジタル信号生成回路部が圧電素子の近傍に設けられていて、クロック信号を用いない場合、アナログ信号である逆起電力信号が直ちにデジタル信号に変換され得るため、ノイズによる影響をより一層

受けにくい。

【0013】デジタル信号生成回路部は、例えば、逆起電力信号に基づいて、逆起電力信号と略同一周波数のパルス信号をデジタル信号として生成するようになっている。より具体的には、デジタル信号生成回路部は、基準電圧を生成する電圧生成部と、逆起電力信号を基準電圧を中心として増幅する増幅部と、増幅部にて増幅された信号が基準電圧に対してHighであるかLowであるかを比較し、比較結果をパルス信号として出力する比較部と、を有し得る。

【0014】あるいは、デジタル信号生成回路部は、第1基準電圧と第1基準電圧より高い第2基準電圧とを生成する電圧生成部と、逆起電力信号を第1基準電圧を中心として増幅する増幅部と、増幅部にて増幅された信号が第2基準電圧に対してHighであるかLowであるかを比較し、比較結果をパルス信号として出力する比較部と、を有し得る。この場合、駆動信号に基づいて振動部を振動させる前の状態において、比較部の出力がLowで一定であればノイズの影響は小さいと判別し、比較部の出力が一定で無ければノイズの影響は大きいと判別することができる。

【0015】あるいは、デジタル信号生成回路部は、第1基準電圧と第1基準電圧より低い第2基準電圧とを生成する電圧生成部と、逆起電力信号を第1基準電圧を中心として増幅する増幅部と、増幅部にて増幅された信号が第2基準電圧に対してHighであるかLowであるかを比較し、比較結果をパルス信号として出力する比較部と、を有し得る。この場合、駆動信号に基づいて振動部を振動させる前の状態において、比較部の出力がHighで一定であればノイズの影響は小さいと判別し、比較部の出力が一定で無ければノイズの影響は大きいと判別することができる。

【0016】検出回路部は、例えば、デジタル信号生成回路部によって生成されたパルス信号に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっている。逆起電力信号の周波数は、収容空間内の物質の共振周波数に対応するため、これによって液体消費状態を簡易かつ正確に検出することができる。

【0017】具体的には、検出回路部は、パルス信号の所定時間の振動回数を計測するカウンタを有しており、当該カウンタにより計測された数値に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっている。

【0018】あるいは、検出回路部は、パルス信号が所定回数だけ振動する間の時間を計測するためのクロックカウンタを有しており、当該クロックカウンタにより計測された時間に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっている。

【0019】その他、好ましくは、振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体収容空間側から見て対称な形状となっている。そして、圧電素子は、好ましく

は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の略中心の位置で、当該振動部の液体収容空間側とは反対側に固定されている。

【0020】特に好ましくは、振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体容器内面側から見て円形となっている。

【0021】また、好ましくは、圧電素子の振動方向は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分に対して略垂直となっている。

【0022】なお、以上のような特徴のいずれかを有する液体消費状態検出器と、液体を収容するための収容空間を区画する壁部と、を備えた液体容器（例えばインクカートリッジ）も、本件の保護対象である。

【0023】この場合、液体容器は、液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部を更に備えることが好ましい。

【0024】さらに、以上のような特徴を有する液体容器と、液体容器に接続され液体容器内に収容されている液体を消費する液体消費本体部と、を備えた液体消費装置（例えばインクジェット記録装置）も、本件の保護対象である。

【0025】あるいは、液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、液体を収容するための収容空間を区画する壁部と、を有する液体容器と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、液体容器に接続され、液体容器内に収容されている液体を消費する液体消費本体部と、を備え、液体消費状態検出部は、逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成するデジタル信号生成回路部と、デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するクロック信号を有する検出回路部と、を有することを特徴とする液体消費装置も、本件の保護対象である。

【0026】この場合、デジタル信号生成回路部は、圧電素子の近傍位置で液体容器に設置されていることが好ましい。

【0027】また、液体消費装置は、液体消費状態検出部によって検出された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部を更に備えることが好ましい。

【0028】あるいは、液体消費装置は、液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部と、記憶部によって記憶された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部と、を更に備えることが好ましい。

【0029】さらに、以上のような特徴のいずれかを有する液体消費状態検出器を制御する制御装置であって、

圧電素子に駆動信号を与え、液体消費状態検出部に液体消費状態を検出させることを特徴とする制御装置も、本件の保護対象である。

【0030】前記の制御装置あるいは制御装置の各要素手段は、コンピュータシステムによって実現され得る。

【0031】また、コンピュータシステムに各装置または各手段を実現させるためのプログラム及び当該プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体も、本件の保護対象である。

【0032】ここで、記録媒体とは、フロッピー（登録商標）ディスク等の単体として認識できるものの他、各種信号を伝搬させるネットワークをも含む。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、発明の実施の形態を通じて本発明を詳細に説明する。以下の実施形態はクレームにかかる発明を限定するものではなく、又実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0034】本発明の基本的概念は、振動現象を利用することで、液体容器内の液体の状態（液体容器内の液体の有無、液体の量、液体の水位、液体の種類、液体の組成を含む）を検出することである。

【0035】振動現象を利用した液体容器内の液体の状態の具体的な検出方法としてはいくつかの方法が考えられる。例えば、弾性波発生手段により液体容器の内部に対して弾性波を発生し、液面あるいは対向する壁によって反射する反射波を受波することで、液体容器内の媒体およびその状態の変化を検出する方法がある。また、振動する物体の振動特性から音響インピーダンスの変化を検知する方法もある。

【0036】音響インピーダンスの変化を利用する方法としては、圧電素子を有する圧電装置またはアクチュエータの振動部を振動させ、その後、振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって、共振周波数または逆起電力波形の振幅を検出することで音響インピーダンスの変化を検知する方法がある。あるいは、測定機、例えば伝送回路等のインピーダンスアナライザによって、液体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定し、電流値や電圧値の変化、または、振動を液体に与えたときの電流値や電圧値の周波数による変化を測定する方法がある。

【0037】以下、圧電装置またはアクチュエータの動作原理の詳細について説明する。図1および図2は、圧電装置の一実施形態であるアクチュエータ106の詳細および等価回路を示す。

【0038】このアクチュエータ106は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検知して、液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。特に、残留振動により共振周波数を検出することで音響インピーダンスの変化を検知して、液体容器内の液体の消費状態

を検出する方法に用いられる。

【0039】図1(A)は、アクチュエータ106の拡大平面図である。図1(B)は、アクチュエータ106のB-B断面を示す。図1(C)は、アクチュエータ106のC-C断面を示す。さらに図2(A)および図2(B)は、アクチュエータ106の等価回路を示す。また、図2(C)および図2(D)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが満たされているときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示し、図2(E)および図2(F)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが無いときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示す。

【0040】アクチュエータ106は、ほぼ中央に円形状の開口161を有する基板178と、開口161を被覆するように基板178の一方の面（以下、表面という）に配置される振動板176と、振動板176の表面の側に配置される圧電層160と、圧電層160を両方からはさみこむ上部電極164および下部電極166と、上部電極164と電氣的に結合する上部電極端子168と、下部電極166と電氣的に結合する下部電極端子170と、上部電極164および上部電極端子168の間に配設され両者を電氣的に結合する補助電極172と、を有する。

【0041】圧電層160、上部電極164および下部電極166は、それぞれの主要部としての円形部分を有する。そして、圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの円形部分が、圧電素子を形成している。

【0042】振動板176は、基板178の表面に、開口161を覆うように形成される。

【0043】キャビティ162は、開口161と面する振動板176の部分と基板178の開口161とによって形成される。圧電素子とは反対側の基板178の面（以下、裏面という）は、液体容器内方に面している。これにより、キャビティ162は液体と接触するように構成されている。なお、キャビティ162内に液体が入っても基板178の表面側に液体が漏れないように、振動板176は基板178に対して液密に取り付けられている。

【0044】下部電極166は、振動板176の表面（液体容器とは反対側の面）に位置している。下部電極166の主要部である円形部分の中心と開口161の中心とは、ほぼ一致するように取り付けられている。なお、下部電極166の円形部分の面積は、開口161の面積よりも小さくなるように設定されている。

【0045】一方、下部電極166の表面側には、圧電層160が、その円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように配置（形成）されている。この場合、圧電層160の円形部分の面積は、開口161の面積よりも小さく、かつ、下部電極166の円形部分の面

積よりも大きくなるように設定されている。

【0046】一方、圧電層160の表面側には、上部電極164が、その主要部である円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように配置（形成）されている。上部電極164の円形部分の面積は、開口161および圧電層160の円形部分の面積よりも小さく、かつ、下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるよう設定されている。

【0047】したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部と下部電極166の主要部とによって、それぞれ表面側と裏面側とから挟みこまれる構造となっている。これにより、圧電層160は効果的に変形駆動され得る。圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの主要部である円形部分が、アクチュエータ106における圧電素子を形成する。

【0048】上述のように、このような圧電素子は振動板176に接している。また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分、下部電極166の円形部分および開口161のうちで、面積が最も大きいのは開口161である。このような構造のために、振動板176のうち実際に振動する振動領域は、開口161によって決定される。

【0049】また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分および下部電極166の円形部分の各面積が、開口161の面積より小さいことにより、振動板176がより振動しやすくなっている。

【0050】さらに、圧電層160と電氣的に接続する下部電極166の円形部分および上部電極164の円形部分のうち、下部電極166の円形部分の方が小さい。従って、下部端子166の円形部分が、圧電層160のうちで圧電効果を発生する部分を決定する。

【0051】圧電素子を形成する圧電層160、上部電極164、及び下部電極166の円形部分は、その中心が、開口部161の中心とほぼ一致している。また、振動板176の振動部分を決定する円形状の開口部161の中心は、アクチュエータ106の全体のほぼ中心に位置している。したがって、アクチュエータ106の振動部の中心は、アクチュエータの中心とほぼ一致する。

【0052】更に、圧電素子の主部及び振動板176の振動部分が、円形な形状を有するので、アクチュエータ106の振動部は、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状である。

【0053】振動部が、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状であるので、構造の非対称性から生じ得る不要な振動を励起することがない。このため、共振周波数の検出精度が向上する。

【0054】更に、振動部が、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状であるので、製造が容易であり、圧電素子ごとの形状のばらつきを小さくできる。したがって、圧電素子ごとの共振周波数のばらつきが小さ

くなる。

【0055】また、振動部が等方的な形状であるので、接着の際に固定のばらつきの影響を受けにくく、液体容器に均等に接着され得る。すなわち、アクチュエータ106の液体容器への実装性がよい。

【0056】更に、振動板176の振動部分が円形な形状を有するので、圧電層160の残留振動の共振モードにおいて、低次、例えば一次の共振モードが支配的となる。すなわち、残留振動の共振モードにおいて、単一のピークが出現する。そのため、ピークとノイズとを、明確に区別することができるので、共振周波数を明確に検出することができる。

【0057】また、円形形状の振動板176の振動部分の面積を大きくすることによって、逆起電力波形の振幅及び液体の有無による共振周波数の振幅の差が大きくなり、共振周波数の検出の精度を更に向上できる。

【0058】振動板176の振動による変位は、基板178の振動による変位よりもはるかに大きい。すなわち、アクチュエータ106は、コンプライアンスの小さい（振動によって変位しにくい）基板178と、コンプライアンスの大きい（振動によって変位しやすい）振動板176との2層構造を有する。この2層構造によって、基板178によって液体容器に確実に固定されながら、かつ、振動板176の変位を大きくできる。このため、逆起電力波形の振幅及び液体の有無による共振周波数の振幅の差が大きくなり、共振周波数の検出の精度が向上できる。

【0059】更に、振動板176のコンプライアンスが大きいので、振動の減衰が小さくなり、共振周波数の検出の精度が向上できる。

【0060】また、アクチュエータ106の振動の節は、キャビティ162の外周部、すなわち、開口部161の縁付近に位置する。

【0061】上部電極端子168は、補助電極172を介して上部電極164と電氣的に接続するように、振動板176の表面側に形成されている。一方、下部電極端子170は、下部電極166に電氣的に接続するように、振動板176の表面側に形成されている。上部電極164は、圧電層160の表面側に形成されるため、上部電極端子168と接続する途中において、圧電層160の厚さと下部電極166の厚さとの和に等しい段差を有する必要がある。上部電極164だけでこの段差を形成することは難しい。かりに上部電極164だけで段差を形成することが可能であったとしても、上部電極164と上部電極端子168との接続状態が弱くなってしまう、切断してしまう危険がある。そこで、補助電極172を補助部材として用いて、上部電極164と上部電極端子168とを接続させている。このようにすることで、圧電層160も上部電極164も補助電極172に支持された構造となり、所望の機械的強度を得ることが

でき、また、上部電極164と上部電極端子168との接続を確実にすることが可能となる。

【0062】なお、圧電素子と振動板176のうちの圧電素子に直面する振動領域とが、アクチュエータ106において実際に振動する振動部である。また、アクチュエータ106に含まれる部材は、互いに焼成されることによって、一体的に形成されていることが好ましい。アクチュエータ106を一体的に形成することによって、アクチュエータ106の取り扱いが容易になる。

【0063】さらに、基板178の強度を高めることによって、振動特性が向上し得る。即ち、基板178の強度を高めることによって、アクチュエータ106の振動部のみが振動し、アクチュエータ106のうち振動部以外の部分が振動しない。また、アクチュエータ106の振動部以外の部分が振動しないためには、基板178の強度を高めることに加えて、アクチュエータ106の圧電素子を薄くかつ小さくすると共に、振動板176を薄くすることも有効である。

【0064】圧電層160の材料としては、ジルコン酸チタン酸鉛(PZT)、ジルコン酸チタン酸鉛ランタン(PLZT)、または、鉛を使用しない鉛レス圧電膜、を用いることが好ましい。基板178の材料としては、ジルコニアまたはアルミナを用いることが好ましい。また、振動板176には、基板178と同じ材料を用いることが好ましい。上部電極164、下部電極166、上部電極端子168および下部電極端子170は、導電性を有する材料、例えば、金、銀、銅、プラチナ、アルミニウム、ニッケルなどの金属を用いることができる。

【0065】上述したように構成されるアクチュエータ106は、液体を収容する容器に適用することができる。例えば、インクジェット記録装置に用いられるインクカートリッジやインクタンク、あるいは、記録ヘッドを洗浄するための洗浄液を収容した容器、などに装着することができる。

【0066】図1および図2に示されるアクチュエータ106は、液体容器の所定の場所に、キャビティ162が液体容器内に収容される液体と接触するように装着される。液体容器に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ162内およびその外側は液体によって満たされている。

【0067】一方、液体容器の液体が消費され、アクチュエータの装着位置以下まで液面が降下すると、キャビティ162内に液体が存在しない状態となる、あるいは、キャビティ162内にのみ液体が残存されその外側には気体が存在する状態となる。

【0068】アクチュエータ106は、この状態の変化に起因する、少なくとも音響インピーダンスの相違を検出する。それによって、アクチュエータ106は、液体容器に液体が十分に収容されている状態であるか、あるいは、ある一定以上の液体が消費された状態であるか、

を検知することができる。さらに、アクチュエータ106は、液体容器内の液体の種類も検出することが可能である。

【0069】ここで、アクチュエータによる液面検出の原理について説明する。媒体の音響インピーダンスの変化を検出するためには、媒体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する。インピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する場合には、例えば伝送回路を利用することができる。伝送回路は、媒体に一定振幅の周期電圧を印加し、その周波数を変えて媒体に流れる電流を測定する。あるいは、伝送回路は、媒体に一定振幅の周期電流を供給し、その周波数を変えて媒体の電圧を測定する。伝送回路で測定された電流値または電圧値の変化が、音響インピーダンスの変化を示す。また、電流値または電圧値が極大または極小となる周波数 f_m の変化も、音響インピーダンスの変化を示す。

【0070】上記の方法とは別に、アクチュエータ106は、液体の音響インピーダンスの変化を共振周波数の変化を用いて検出することができる。共振周波数は、例えばアクチュエータの振動部が振動した後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって、検出することができる。この場合、例えば前記のような圧電素子を利用することができる。

【0071】前記の圧電素子は、アクチュエータの振動部に残留する残留振動により逆起電力を発生する。逆起電力の大きさは、アクチュエータの振動部の振幅によって変化する。従って、アクチュエータの振動部の振幅が大きいほど、検出が容易である。また、アクチュエータの振動部における残留振動の周波数によって、逆起電力の大きさが変化する周期が変わる。すなわち、アクチュエータの振動部の周波数は、逆起電力の周波数に対応する。ここで、共振周波数は、アクチュエータの振動部と振動部に接する媒体との共振状態における周波数をいう。

【0072】共振周波数 f_s を得るために、振動部と媒体とが共振状態であるときの逆起電力測定によって得られた波形を、フーリエ変換する。アクチュエータの振動は、一方向だけの変形ではなく、たわみや伸長等様々な変形をとまなうので、共振周波数 f_s を含め様々な周波数を有する。よって、圧電素子(振動部)と媒体とが共振状態であるときの逆起電力の波形をフーリエ変換し、最も支配的な周波数成分を特定することで、共振周波数 f_s を判断する。

【0073】媒体のアドミッタンスが極大またはインピーダンスが極小であるときの周波数 f_m は、媒体の誘電損失または機械的損失などによって、共振周波数 f_s に対しわずかに異なる。しかし、実測される周波数 f_m から共振周波数 f_s を導出することは手間がかかるため、一般には、周波数 f_m を共振周波数 f_s の代わりに使用する。ここで、アクチュエータ106の出力を伝送回路

に入力することで、アクチュエータ106は少なくとも音響インピーダンスを検出することができる。

【0074】なお、媒体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定して周波数 f_m を測定する方法と、アクチュエータの振動部における残留振動振動によって生ずる逆起電力を測定することによって共振周波数 f_s を測定する方法と、によって特定される共振周波数には、差がほとんど無いことが実験によって証明されている。

【0075】アクチュエータ106の振動領域は、振動板176のうち開口161によって決定されるキャビティ162を構成する部分である。液体容器内に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ162内には、液体が満たされ、振動領域は液体容器内の液体と接触している。一方で、液体容器内に液体が充分にない場合には、振動領域は液体容器内のキャビティに残った液体と接するか、あるいは、液体と接触せず、気体または真空と接触する。

【0076】本発明のアクチュエータ106には、キャビティ162が設けられている。これにより、アクチュエータ106の振動領域に液体容器内の液体が残るように設計することができる。その理由は次の通りである。

【0077】アクチュエータ106の液体容器への取り付け位置や取り付け角度によっては、液体容器内の液体の液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にあるにもかかわらず、アクチュエータの振動領域に液体が付着してしまう場合がある。振動領域における液体の有無だけから液体の有無を検出する場合には、このようにアクチュエータの振動領域に付着する液体が液体の有無の正確な検出を妨げる。

【0078】たとえば、液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にある状態のとき、キャリッジの往復移動などにより液体容器が揺動して液体が波うち、振動領域に液滴が付着してしまうと、アクチュエータは液体容器内に液体が充分にあるとの誤った判断をしてしまう。

【0079】そこで、アクチュエータ106では、振動領域に液体が残存している場合であっても液体の有無を正確に検出するようにキャビティを積極的に設けることで、液体容器が揺動して液面が波立っただとしても、アクチュエータの誤動作を防止することができる。このように、キャビティを有するアクチュエータを用いることで、誤動作を防ぐことができる。

【0080】また、図2(E)に示すように、液体容器内に液体が無く、アクチュエータ106のキャビティ1

$$f_s = 1 / (2 \times \pi \times (M \times Cact)^{1/2}) \quad (式1)$$

で表される。ここで、 M は振動部のイナータンス $Mact$ と付加イナータンス M' との和である。 $Cact$ は振動部のコンプライアンスである。

【0087】図1(C)は、本実施例において、キャビティ162にインクが残存していないときのアクチュエ

62に液体が残っている場合を、液体の有無の閾値とする。すなわち、キャビティ162の周辺に液体が無く、この閾値よりキャビティ内の液体が少ない場合は、インク無しと判断し、キャビティ162の周辺に液体があり、この閾値より液体が多い場合は、インク有りと判断する。

【0081】例えば、アクチュエータ106を液体容器の側壁に装着した場合、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置よりも下にある場合をインク無しと判断し、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置より上にある場合をインク有りと判断する。

【0082】このように閾値を設定することによって、キャビティ内のインクが乾燥してインクが無くなったときであってもインク無しと判断することができ、キャビティ内のインクが無くなったところにキャリッジの揺れなどで再度インクがキャビティに付着しても（閾値を越えないので）インク無しと判断することができる。

【0083】ここで、図1および図2を参照しながら、逆起電力の測定により得られる媒体とアクチュエータ106の振動部との共振周波数から、液体容器内の液体の状態を検出する動作および原理について説明する。

【0084】アクチュエータ106において、上部電極端子168および下部電極端子170を介して、それぞれ上部電極164および下部電極166に電圧を印加する。このため、圧電層160のうち、上部電極164および下部電極166に挟まれた部分に電界が生じる。この電界によって、圧電層160は変形する。圧電層160が変形することによって、振動板176のうちの振動領域がたわみ振動する。圧電層160が変形した後しばらくは、たわみ振動がアクチュエータ106の振動部に残留する。

【0085】残留振動は、アクチュエータ106の振動部と媒体との自由振動である。従って、圧電層160に印加する電圧をパルス波形あるいは矩形波とすることで、電圧を印加した後の振動部と媒体との共振状態を容易に得ることができる。残留振動は、アクチュエータ106の振動部の振動であり、圧電層160の変形を伴う。このため、圧電層160は逆起電力を発生する。この逆起電力は、上部電極164、下部電極166、上部電極端子168および下部電極端子170を介して検出される。検出された逆起電力によって、共振周波数が特定できる。この共振周波数に基づいて、液体容器内の液体の状態を検出することができる。

【0086】一般に、共振周波数 f_s は、

ータ106の断面図である。図2(A)および図2(B)は、キャビティにインクが残存していないときのアクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路である。

【0088】 $Mact$ は、振動部の厚さと振動部の密度と

の積を振動部の面積で除したものであり、詳細には、図2(A)に示すように、

$$M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib} \quad (式2)$$

と表される。
【0089】ここで、 M_{pzt} は、振動部における圧電層160の厚さと圧電層160の密度との積を圧電層160の面積で除したものである。 $M_{electrode1}$ は、振動部における上部電極164の厚さと上部電極164の密度との積を上部電極164の面積で除したものである。 $M_{electrode2}$ は、振動部における下部電極166の厚さと下部電極166の密度との積を下部電極166の面積で除したものである。 M_{vib} は、振動部における振動板176の厚さと振動板176の密度との積を振動板176の振動領域の面積で除したものである。

【0090】ただし、 M_{act} を振動部全体としての厚さ、密度および面積から算出することができるよう、圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176の振動領域のそれぞれの面積は、上述のような大小関係を有するものの、相互の面積の差は微小であることが好ましい。

【0091】また、本実施例において、圧電層160、上部電極164および下部電極166においては、それ

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + (1/C_{vib}) \quad (式3)$$

式2および式3より、図2(A)は、図2(B)のように表すこともできる。

【0093】コンプライアンス C_{act} は、単位面積に圧力をかけたときの変形によって受容できる媒体の体積を表す。すなわち、コンプライアンス C_{act} は、変形のし易さを表す。

【0094】図2(C)は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合のアクチュエータ106の断面図を示す。図2(C)の M'_{max} は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス(付加質量(振動領域の振動に影響を及ぼす質量)を面積の2乗で除したもの)の最大値を表す。 M'_{max} は、 $M'_{max} = (\pi \times \rho / (2 \times k^3)) \times (2 \times (2 \times k \times a)^3 / (3 \times \pi)) / (\pi \times a^2)$ (式4) (a は振動部の半径、 ρ は媒体の密度、 k は波数である。)で表される。

【0095】尚、式4は、アクチュエータ106の振動領域が半径 a の円形である場合に成立する。付加イナータンス M' は、振動部の付近にある媒体によって、振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。式4からわかるように、 M'_{max} は、振動部の半径 a と媒体の密度 ρ とによって、大きく変化する。

【0096】波数 k は、 $k = 2 \times \pi \times f_{act} / c$ (式5)

(f_{act} は、振動部の共振周波数である。 c は、媒体中を伝播する音響の速度である。)で表される。

2(A)に示すように、

らの主要部である円形部分以外の部分は、主要部に対して無視できるほど微小であることが好ましい。従って、アクチュエータ106において、 M_{act} は、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域のそれぞれのイナータンスの和である。また、コンプライアンス C_{act} は、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域によって形成される部分のコンプライアンスである。

【0092】尚、図2(A)、図2(B)、図2(D)、図2(F)は、アクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示すが、これらの等価回路において、 C_{act} はアクチュエータ106の振動部のコンプライアンスを示す。 C_{pzt} 、 $C_{electrode1}$ 、 $C_{electrode2}$ および C_{vib} は、それぞれ、振動部における圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176のコンプライアンスを示す。 C_{act} は、以下の式3で表される。

【0097】図2(D)は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている図2(C)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示す。

【0098】図2(E)は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャビティ162内には液体が残存している場合のアクチュエータ106の断面図を示す。

【0099】式4は、液体容器に液体が満たされている場合に、インクの密度 ρ などから決定される最大のイナータンス M'_{max} を表す式である。一方、液体容器内の液体が消費され、キャビティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空に置換された場合等の付加イナータンス M' は、一般的に、

$$M' = \rho \times t / S \quad (式6)$$

と表せる(より詳しくは、後述の式8参照)。ここで、 t は振動にかかわる媒体の厚さである。 S は、アクチュエータ106の振動領域の面積である。振動領域が半径 a の円形の場合は、 $S = \pi \times a^2$ である。

【0100】従って、付加イナータンス M' は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合には、式4に従う。一方で、液体が消費され、キャビティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周

辺にある液体が気体または真空中に置換された場合には、式6に従う。

【0101】ここで、図2(E)のように、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャビティ162内には液体が残存している場合の付加イナータンス M' を、便宜的に M'_{cav} とし、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス M'_{max} と区別する。

【0102】図2(F)は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャビティ162内には液体が残存している図2(E)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示す。

【0103】ここで、媒体の状態に関するパラメータは、式6において、媒体の密度 ρ および媒体の厚さ t である。液体容器内に液体が十分に収容されている場合は、アクチュエータ106の振動部に液体が接触する。一方、液体容器内に液体が十分に収容されていない場合は、キャビティ内部に液体が残存するか、もしくは、アクチュエータ106の振動部に気体または真空中が接触する。アクチュエータ106の周辺の液体が消費され、図2(C)の M'_{max} から図2(E)の M'_{cav} へ移行する過程における付加イナータンス M'_{var} は、液体容器内の液体の収容状態によって媒体の密度 ρ や媒体の厚さ t が変化することによって変化する。これにより、共振周波数 f_s も変化する。従って、共振周波数 f_s を特定することによって、液体容器内の液体の収容状態(有無)を検出することができる。

【0104】ここで、図2(E)に示すように $t=d$ とした場合、式6を用いて M'_{cav} を表すと、式6の t にキャビティの深さ d を代入し、 $M'_{cav}=\rho \times d/S$ (式7)となる。

【0105】また、媒体が互いに種類の異なる液体であれば、組成の違いによって密度 ρ が異なるため、付加イナータンス M' 及び共振周波数 f_s が異なる。従って、共振周波数 f_s を特定することで、液体の種類を検出できる。

【0106】図3(A)は、インクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を示すグラフである。ここでは液体の1例としてインクについて説明する。縦軸は、共振周波数 f_s を示し、横軸は、インク量を示す。インク組成が一定であるとき、インク残量の低下に伴い、共振周波数 f_s は、上昇する。

【0107】インク容器にインクが十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされている場合には、その最大付加イナータンス M'_{max} は、式4に表わされる値となる。一方で、インクが消費

され、キャビティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされていないときには、付加イナータンス M'_{var} は、媒体の厚さ t に基づいて式6によって算出される。式6中の t は、振動にかかわる媒体の厚さであるから、液体が残留するアクチュエータ106のキャビティ162の d (図1(B)参照)を小さく、即ち、基板178を十分に薄くすることによって、インクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる(図2(C)参照)。ここで、 t_{ink} は振動にかかわるインクの厚さとし、 $t_{ink-max}$ は M'_{max} における t_{ink} とする。

【0108】例えば、アクチュエータ106は、インクカートリッジの底面にインクの液面に対してほぼ水平に配置される。この場合、インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106から $t_{ink-max}$ の高さ以下になると、式6により M'_{var} が徐々に変化し、式1により共振周波数 f_s が徐々に変化する。従って、インクの液面が t の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0109】あるいは、インクカートリッジの側壁に、アクチュエータ106はインクの液面に対してほぼ垂直に配備され得る。この場合、インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106の振動領域に達すると、水位の低下に伴い付加イナータンス M' が減少する。これにより、式1により共振周波数 f_s が徐々に増加する。従って、インクの液面がキャビティ162の直径 $2a$ (図2(C)参照)の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0110】図3(A)の曲線Xは、底面に配置されたアクチュエータ106のキャビティ162を十分に浅くした場合や、側壁に配置されたアクチュエータ106の振動領域を十分に大きくまたは長くした場合の、インクタンク内に収容されたインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を表わしている。インクタンク内のインクの量が減少するとともに、インクおよび振動部の共振周波数 f_s が徐々に変化していく様子が理解できる。

【0111】より詳細には、インクが徐々に消費されていく過程を検出することができる場合とは、アクチュエータ106の振動領域の周辺において、互いに密度が異なる液体と気体とがともに存在しかつ振動にかかわる場合である。インクが徐々に消費されていくに従って、アクチュエータ106の振動領域周辺において振動にかかわる媒体は、液体が減少する一方で気体が増加する。

【0112】例えば、アクチュエータ106をインクの液面に対して水平に配備した場合であって、 t_{ink} が $t_{ink-max}$ より小さいときには、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体はインクと気体との両方を含む。したがって、アクチュエータ106の振動領域の面積 S を

用いて、式4の M'_{\max} 以下になった状態をインクと気

$$M' = M'_{\text{air}} + M'_{\text{ink}} = \rho_{\text{air}} \times t_{\text{air}} / S + \rho_{\text{ink}} \times t_{\text{ink}} / S \quad (\text{式8})$$

となる。ここで、 M'_{air} は空気のイナータンスであり、 M'_{ink} はインクのイナータンスである。 ρ_{air} は空気の密度であり、 ρ_{ink} はインクの密度である。 t_{air} は振動にかかわる空気の厚さであり、 t_{ink} は振動にかかわるインクの厚さである。

【0113】アクチュエータ106の振動領域周辺における振動にかかわる媒体のうち、液体が減少して気体が増加するに従い、アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ水平に配備されている場合には、 t_{air} が増加し、 t_{ink} が減少する。それによって、 M'_{var} が徐々に減少し、共振周波数が徐々に増加する。よって、インクタンク内に残存しているインクの量またはインクの消費量を検出することができる。尚、式7において液体の

$$1/M' = 1/M'_{\text{air}} + 1/M'_{\text{ink}} = S_{\text{air}} / (\rho_{\text{air}} \times t_{\text{air}}) + S_{\text{ink}} / (\rho_{\text{ink}} \times t_{\text{ink}}) \quad (\text{式9})$$

となる。

【0115】尚、式9は、アクチュエータ106のキャビティにインクが保持されない場合に適用される。アクチュエータ106のキャビティにインクが保持される場合の付加イナータンスについては、式9による M' と式7の M'_{cav} との和によって計算することができる。

【0116】アクチュエータ106の振動は、 $t_{\text{ink-max}}$ の深さからインクの残留する深さ(d)まで変化するので、インクの残留する深さが $t_{\text{ink-max}}$ よりわずかに小さい程度でアクチュエータ106が底面に配置されている場合には、インクが徐々に減少する過程を検出することは出来ない。この場合、 $t_{\text{ink-max}}$ から残留する深さ d までのわずかなインク量変化におけるアクチュエータの振動変化から、インク量が変化したことを検出する。また、側面に配置され、開口部(キャビティ)の径が小さい場合は、開口部を通過する間のアクチュエータの振動変化は微量なので、通過過程のインク量を検出することは難しく、インク液面が開口部より上か下かを検出する。

【0117】例えば、図3(A)の曲線Yは、小さい円形の振動領域の場合におけるインクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を示す。インクタンク内のインクの液面がアクチュエータの装着位置を通過する前後におけるインク量の差 Q の間で、インクおよび振動部の共振周波数 f_s が激しく変化している様子が示される。このことから、インクタンク内にインクが所定量残存しているか否かを2値的に検出することができる。

【0118】アクチュエータ106を用いて液体の有無を検出する方法は、振動板176が液体と直接接触することでインクの有無を検出するので、インクの消費量をソフトウェアによって計算する方法に比べ、検出精度が

体の付加質量で表すと、

密度のみの式となっているのは、液体の密度に対して、空気の密度が無視できるほど小さい場合を想定しているからである。

【0114】アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ垂直に配備されている場合には、アクチュエータ106の振動領域のうち、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみの領域と、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみの領域との並列の等価回路(図示せず)と考えられる。アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみの領域の面積を S_{ink} とし、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみの領域の面積を S_{air} とすると、

(式9)

高い。更に、電極を用いて導電性によりインクの有無を検出する方法は、液体容器への電極の取付位置及びインクの種類によって影響され得るが、アクチュエータ106を用いて液体の有無を検出する方法は、液体容器へのアクチュエータ106の取付位置及びインクの種類によって影響され難い。

【0119】更に、単一のアクチュエータ106を用いて発振と液体の有無の検出との双方を実施することができるので、発振と液体の有無の検出とを異なったセンサを用いて実施する方法と比較して、液体容器に取付けるセンサの数を減少することができる。したがって、液体容器を安価に製造できる。なお、圧電層160の振動周波数を非可聴領域に設定することで、アクチュエータ106の動作中に発生する音を静かにすることが好ましい。

【0120】図3(B)は、インクの密度とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係の一例を示す。ここでは、液体の例としてインクについて説明しており、「インク満」と「インク空」とは相対的な2状態を意味し、いわゆるインクフル状態とインクエンド状態を意味するものではない。図3(B)に示すように、インク密度が高い場合、付加イナータンスが大きくなるので共振周波数 f_s が低下する。すなわち、インクの種類によって共振周波数 f_s が異なる。したがって、共振周波数 f_s を測定することによって、インクを再充填する際に、密度の異なるインクが混入されていないか確認することができる。つまり、互いに種類の異なるインクを収容するインクタンクを識別できる。

【0121】続いて、液体容器内の液体が空の状態であってもアクチュエータ106のキャビティ162内に液体が残存するようにキャビティのサイズと形状を設定した時において、液体の状態を正確に検出できる条件を詳

述する。アクチュエータ106は、キャビティ162内に液体が満たされている場合に液体の状態を検出できれば、キャビティ162内に液体が満たされていない場合であっても液体の状態を検出できる。

【0122】共振周波数 f_s は、イナータンス M の関数である。イナータンス M は、振動部のイナータンス M_{ac} と付加イナータンス M' との和である。ここで、付加イナータンス M' が液体の状態と関係する。付加イナータンス M' は、振動部の付近にある媒体によって振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。即ち、振動部の振動によって見かけ上媒体を吸収する（振動に関わるイナータンスが増加する）ことによる振動部の質量の増加分をいう。

【0123】従って、 M'_{cav} が式4における M'_{max} よりも大きい場合には、見かけ上吸収する媒体は全てキャビティ162内に残存する液体である。よって、液体容器内に液体が満たされている状態と同じである。この場合、振動に関わる媒体は M'_{max} よりも小さくならないので、インクが消費されても変化を検出することが出来ない。

【0124】一方、 M'_{cav} が式4における M'_{max} よりも小さい場合には、見かけ上吸収する媒体はキャビティ162内に残存する液体および液体容器内の気体または真空である。このときには液体容器内に液体が満たされている状態とは異なり M' が変化するので、共振周波数 f_s が変化する。従って、アクチュエータ106は、液体容器内の液体の状態を検出できる。

【0125】即ち、液体容器内の液体が空の状態、アクチュエータ106のキャビティ162内に液体が残存する場合に、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件は、 M'_{cav} が M'_{max} よりも小さいことである。尚、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件 $M'_{max} > M'_{cav}$ は、キャビティ162の形状にかかわらず。

【0126】ここで、 M'_{cav} は、キャビティ162の容量とほぼ等しい容量の液体の質量イナータンスである。従って、 $M'_{max} > M'_{cav}$ の不等式から、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件は、キャビティ162の容量の条件として表すことができる。例えば、円形状のキャビティ162の開口161の半径を a とし、およびキャビティ162の深さを d とすると、

$$M'_{max} > \rho \times d / \pi a^2 \quad (\text{式10})$$

である。式10を展開すると

$$a/d > 3 \times \pi / 8 \quad (\text{式11})$$

という条件が求められる。従って、式11を満たす開口161の半径 a およびキャビティ162の深さ d であるキャビティ162を有するアクチュエータ106であれば、液体容器内の液体が空の状態であっても、かつ、キャビティ162内に液体が残存する場合であっても、誤作

動することなく液体の状態を検出できる。

【0127】尚、式10、式11は、キャビティ162の形状が円形の場合に限り成立する。キャビティ162の形状が円形でない場合、対応する M'_{max} の式を用い、式10中の πa^2 をその面積と置き換えて計算すれば、キャビティの幅および長さ等のディメンジョンと深さの関係が導き出せる。

【0128】なお、付加イナータンス M' は音響インピーダンス特性にも影響するので、残留振動によりアクチュエータ106に発生する逆起電力を測定する方法は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出しているともいえる。

【0129】また、本実施例によれば、アクチュエータ106が振動を発生して、その後の残留振動によりアクチュエータ106に発生する逆起電力を測定している。しかし、アクチュエータ106の振動部が駆動電圧による自らの振動によって液体に振動を与えることは必ずしも必要ではない。即ち、振動部が自ら発振しなくても、それと接触しているある範囲の液体と共に振動すれば、圧電層160はたわみ変形する。このたわみ変形が逆起電力電圧を発生させ、上部電極164および下部電極166にその逆起電力電圧を伝達する。この現象を利用することで媒体の状態を検出してもよい。例えば、インクジェット記録装置において、印字時における印字ヘッドの走査によるキャリッジの往復運動に伴って発生するアクチュエータの振動部の周囲の振動を利用して、インクタンクまたはその内部のインクの状態を検出してもよい。

【0130】図4(A)、図4(B)及び図4(C)は、アクチュエータ106を振動させた後の、アクチュエータ106の残留振動の波形と残留振動の測定方法とを示す。インクカートリッジ内のアクチュエータ106の装着位置レベルにおけるインク水位の上下は、アクチュエータ106が発振した後の残留振動の周波数変化や、振幅の変化によって検出することができる。図4(A)乃至図4(C)において、縦軸はアクチュエータ106の残留振動によって発生した逆起電力の電圧を示し、横軸は時間を示す。アクチュエータ106の残留振動によって、図4(A)乃至図4(C)に示すように電圧のアナログ信号の波形が発生する。次に、アナログ信号を、信号の周波数に対応するデジタル数値に変換する。図4(A)乃至図4(C)に示した例においては、アナログ信号の4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測している。

【0131】より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、予め設定された所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そして、4カウントから8カウントまでの間をHighとしたデジタル信号を生成し、所定のクロックパルスによって4カウントから8カウントまでの時間を計測する。

【0132】図4（A）は、アクチュエータ106の装着位置レベルよりも上位にインク液面があるときの波形である。一方、図4（B）はアクチュエータ106の装着位置レベルにおいてインクが無いときの波形である。図4（A）と図4（B）とを比較すると、図4（A）の方が図4（B）よりも4カウントから8カウントまでの時間が長いことがわかる。換言すると、インクの有無によって4カウントから8カウントまでの時間が異なる。この時間の相違を利用して、インクの消費状態を検出することができる。

【0133】アナログ波形の4カウント目から数えるのは、アクチュエータ106の振動が安定してから計測をはじめめるためである。4カウント目からとしたのは単なる一例であって、任意のカウントから数えてもよい。ここでは、4カウント目から8カウント目までの信号を検出し、所定のクロックパルスによって4カウント目から8カウント目までの時間を測定している。この時間に基づいて、共振周波数を求めることができる。例えばクロックパルスは、インクカートリッジに取り付けられる半導体記憶装置等を制御するためのクロックと等しいクロックのパルスである。また、8カウント目までの時間を測定する必要は無く、任意のカウントまで数えてもよい。図4においては、4カウント目から8カウント目までの時間を測定しているが、周波数を検出する回路構成にしたがって、異なったカウント間隔内の時間を検出してもよい。

【0134】例えば、インクの品質が安定していてピークの振幅の変動が小さい場合には、検出の速度を上げるために4カウント目から6カウント目までの時間を検出することにより共振周波数を求めてもよい。また、インクの品質が不安定でパルスの振幅の変動が大きい場合には、残留振動を正確に検出するために4カウント目から12カウント目までの時間を検出してもよい。

【0135】また、他の実施例として、所定期間内における逆起電力の電圧波形の波数を数えてもよい（図示せず）。この方法によっても共振周波数を求めることができる。より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、所定期間だけHighであるデジタル信号を生成し、当該所定期間において所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そのカウント数を計測することによってインクの有無を検出できる。

【0136】さらに、図4（A）および図4（B）を比較して分かるように、インクがインクカートリッジ内に満たされている場合とインクがインクカートリッジ内に無い場合とでは、逆起電力波形の振幅が異なる。従って、共振周波数を求めることなく、逆起電力波形の振幅を測定することによって、インクカートリッジ内のインクの消費状態を検出してもよい。

【0137】より詳細には、例えば、図4（A）の逆起電力波形の頂点と図4（B）の逆起電力波形の頂点との間

に基準電圧を設定する。アクチュエータ106が発振した後、所定期間だけHighであるデジタル信号を生成し、逆起電力波形が基準電圧を横切った場合には、インクが無いと判断する。逆起電力波形が基準電圧を横切らない場合には、インクが有ると判断する。

【0138】図4（C）は、所定のクロックパルスを用いて図4（A）に示したパルス波形の4カウント目から8カウント目までの時間を測定した例を示す。この図において、4カウント目から8カウント目までの間にクロックパルスが5カウント分出現している（実際には、100カウントから200カウント分のクロックパルスが出現するが、ここでは説明を簡単にするために少ないクロックパルスで説明する）。クロックパルスは、一定の周期を有するパルスであるので、クロックパルスの個数をカウントすることにより時間を測定することができる。4カウント目から8カウント目までの間の時間を測定することによって、共振周波数を求めることができる。クロックパルスは、逆起電力波形の周期より短い周期を有することが好ましく、例えば共振周波数が400kHz程度ならば、16MHz等の周波数が高いクロックパルスであることが好ましい。

【0139】図5は、アクチュエータ106が音響インピーダンスの変化を検知することで液体容器1内の液体の消費状態を検出し、検出した結果に基づいてインクジェット記録装置を制御するための記録装置制御部2000の構成を示す。

【0140】記録装置制御部2000は、液体容器1に装着されたアクチュエータ106に対してアクチュエータ106を駆動する電圧を与え、その結果アクチュエータ106が検知する音響インピーダンスの変化から液体の消費状態を検出する液体消費状態検出部1200と、液体消費状態検出部1200が出力する液体有無の検出結果に基づいて記録装置を制御する制御回路部1500と、を備える。

【0141】制御回路部1500は、液体消費状態検出部1200が出力する液体有無の検出結果に基づいて記録装置動作制御部1402を制御する制御部1400と、制御部1400の指示に基づいて記録装置の動作を制御する記録装置動作制御部1402とを更に備える。制御回路部1500は、記録装置動作制御部1402によりその動作が制御される提示処理部1404、印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、印刷データ記憶処理部1412、及び印字データ記憶部1414を更に備える。

【0142】記録装置制御部2000は、インクジェット記録装置の内部に設けられてもよいが、記録装置制御部2000の一部の機能が外部に設けられてもよい。例えば、制御回路部1500の機能が、記録装置に接続されたコンピュータ等の外部装置に与えられてもよい。さらに、記録装置制御部2000の一部の機能が、プログ

ラムとして記録媒体に格納され供給されてもよい。記録装置制御部2000の一部の機能を記録媒体に格納されたプログラムとして記録装置に接続されたコンピュータに供給することにより、記録装置制御部2000の一部の機能が後日改良された場合、容易に最新の機能を実行するプログラムをコンピュータの記憶媒体に格納し、常に最新の機能を用いて記録装置の動作を制御することができる。

【0143】また、記録装置制御部2000の一部の機能は、プログラムとして、サーバ等の情報処理装置から電気通信回線を介して、記録装置に接続されるコンピュータ等の端末に送信されてもよい。この場合、最新の機能を、容易に電気通信回線を介してサーバから入手してコンピュータの記憶装置に格納することができ、これにより記録装置は常に最新の機能を実行することができる。

【0144】液体消費状態検出部1200は、アクチュエータ106を駆動し、音響インピーダンスの変化から液体容器1内の液体の有無を検出する。例えば、液体消費状態検出部1200は、アクチュエータ106が残留振動により発生した逆起電力例えば電圧値を測定する測定回路部800と、測定回路部800が測定した逆起電力に基づいて液体容器1内の液体の有無を表す信号を出力する検出回路部1100と、を有する。

【0145】測定回路部800は、液体容器1においてアクチュエータ106の近傍に配置され、アクチュエータ106を駆動する駆動電圧を生成する駆動電圧生成部850を有する。駆動電圧生成部850によって生成される駆動電圧によって、液体容器1に装着されたアクチュエータ106が駆動し共振される。アクチュエータ106は駆動共振後も共振し続ける。この残留振動によって、アクチュエータ106自身が逆起電力を発生させる。測定回路部800は、アクチュエータ106が発生した逆起電力の波形のアナログ信号を、同一の周波数を有するデジタル信号に変換してデジタル回路部900に出力する。

【0146】測定回路部800がアクチュエータ106の近傍に配置されていることにより、アクチュエータ106が発生する逆起電力信号（アナログ信号）が測定回路部800にまで伝送される距離・時間は短い。すなわち、アナログ信号である逆起電力信号がノイズを受ける距離・時間は短い。また、測定回路部800にて変換された後のデジタル信号は、アナログ信号と比較してノイズに対して顕著に強い。以上により、逆起電力信号に対するノイズの影響を顕著に軽減することができる。さらには、測定回路部800以後の配線の自由度が高められ得る。

【0147】検出回路部1100は、測定回路部800が出力したデジタル信号の所定パルス数の振動に費やされる時間を測定するデジタル回路部900と、デジタル

回路部900がカウントした時間に基づいて液体の有無を判定する液体有無判定部1000と、を有する。

【0148】本実施例においては、デジタル回路部900は、図4（A）及び図4（B）に示すように、測定回路部800が出力したパルス波形中の4カウント目から8カウント目までがHighの信号を出力する。更に、図4（C）に示すように、デジタル回路部900は、上記デジタル信号中の4カウント目から8カウント目までのHighである期間において、所定のクロックパルス（逆起電力波形の周期より短い周期を有する）のパルス数をカウントする。一定の周期を有するクロックパルスのパルス数をカウントすることで、4カウント目から8カウント目までの時間を測定することができる。例えば図4（C）では、クロックパルスが5カウント分存在し、5カウントをクロックパルスの周期と掛け合わせることで時間を算出することができる。

【0149】ここでは、説明を簡単にするために低い周波数のクロックパルスを例にして説明しているが、実際には16MHz等の周波数が高いクロックパルスが使用される。液体有無判定部1000は、デジタル回路部900が出力したカウント値に基づいて、液体容器1内の液体の有無を判定し、判定結果を制御回路部1500へ出力する。

【0150】なお、高周波数のクロックパルスは、アナログ信号である逆起電力信号に影響を与え得る（ノイズとして信号に「乗る」場合がある）。従って、高周波のクロックパルス源からデジタル回路部900を含む高周波回路部分は、アクチュエータ106から測定回路部800までのアナログ回路部分からできるだけ離れていることが好ましい。例えば、後者のアナログ回路部分が液体容器1に設けられる場合、前者の高周波回路部分は、液体容器1外の記録装置本体部またはキャリッジ部等に設けられ得る。

【0151】液体消費状態検出部1200が液体無しの判定結果を出力した場合、制御部1400は、記録装置動作制御部1402を制御して所定の低インク量対応処理を行う。低インク量対応処理とは、インクが残り少なくなったことを考慮して、不適切な印刷等の記録装置の動作を禁止または抑制する処理である。記録装置動作制御部1402は、制御部1400の指示に基づいて、提示処理部1404、印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、あるいは印刷データ記憶処理部1412の動作を制御して、低インク量対応処理を実行する。

【0152】提示処理部1404は、アクチュエータ106により検知される液体容器1内の液体の有無に対応する情報を提示する。情報の提示には、ディスプレイ1416による表示およびスピーカ1418による発報がある。ディスプレイ1416は、例えば記録装置の表示パネルや、記録装置に接続されたコンピュータの画面で

ある。あるいは、提示処理部1404がスピーカ1418と接続されて、アクチュエータ106が液体無しを検出すると、報知音がスピーカ1418から出力される。スピーカ1418は、記録装置のスピーカでもよく、記録装置に接続されたコンピュータ等の外部装置のスピーカでもよい。また、報知音として音声信号を用いることも好適であり、音声合成処理によりインク消費状態を示す合成音声が生産されてもよい。

【0153】印刷動作制御部1406は、印刷動作部1420を制御して、記録装置の印刷動作を停止させる。印刷動作の停止により、インクが無くなった後の印刷動作が回避される。また、印刷動作制御部1406は、低インク量対応処理の他の例として、ある印刷処理を終了してから次の印刷処理に移ることを禁止してもよい。このような印刷処理の禁止により、ひとつの印刷処理、たとえば一連の文章の印刷途中で印刷が停止するのを回避できる。また、印刷処理の禁止の例として、1ページ印刷している途中で印刷処理が停止するのを防ぐために、改ページ終了後の印刷処理を禁止することも好ましい。

【0154】インク補充処理部1408は、インク補充装置1422を制御してインクカートリッジにインクを自動的に補充する。このインクの補充により、印刷を継続することができる。

【0155】カートリッジ交換処理部1410は、カートリッジ交換装置1424を制御してインクカートリッジを自動的に交換する。このような対応処理によって、ユーザの手をわずらわせることなく印刷動作を継続することができる。

【0156】印刷データ記憶処理部1412は、低インク量対応処理として、印刷完了前の印字データを印字データ記憶部1414に格納する。この印字データは、インクエンド検出後に記録装置に送られてくる印字データである。この印字データの格納により、印刷前の印字データが失われることを回避できる。

【0157】構成要素1404～1412については、これらの全てが記録装置制御部2000に設けられる必要はない。また、全ての構成要素1404～1412において低インク量対応処理が行われる必要はなく、少なくともひとつの低インク量対応処理が行われればよい。例えば、インク補充処理部1408またはカートリッジ交換処理部1410が処理を行うのであれば、印刷動作制御部1406は印刷動作の停止処理を行わなくてもよい。

【0158】なお、上記に例示した以外の、低インク量対応処理を行う構成すなわちインク不足による不適切な動作を回避する構成、が設けられてもよい。また、上記の低インク量対応処理は、アクチュエータ106がその装着位置において「液体無し」を検知してから「所定の余裕量」分の印刷が行われた後に実行されることが好適である。「所定の余裕量」は、アクチュエータ106の

「液体無し」検知後に全インクを消費してしまうまでの印刷量より少ない適当な値に設定される。

【0159】図6は、他の実施形態の記録装置制御部2002を示すブロック図である。本実施形態では、液体容器1に3つのアクチュエータ106A、106B、及び106Cが装着されている。3つのアクチュエータ106A、106B、及び106Cは、液体消費による液面低下方向に沿って異なる位置に設置されている。

【0160】図6に示す例では、液体容器1に装着された3つのアクチュエータ106A、106B、及び106Cに対して、アクチュエータを駆動する電圧をそれぞれ与える駆動電圧生成部850A、850B及び850Cを有する測定回路部800A、800B及び800Cが、それぞれの近傍位置に配置されている。検出回路部1102内のデジタル回路部902は、アクチュエータ106A、106B、及び106Cが発生する逆起電力信号から測定回路部800A、800B及び800Cによって生成されるデジタル信号を受容し、それぞれのデジタル信号（逆起電力信号に対応）の所定時間内のパルス数をカウントする。更に、液体有無判定部1002は、デジタル回路部902が出力したそれぞれの逆起電力信号のカウント値に基づいて、液体容器1内の液体の有無を判定する。

【0161】本実施例においては、複数のアクチュエータ106A～106Cが液面低下方向の異なる位置にそれぞれ装着されているので、それぞれのアクチュエータの装着位置における液体の消費状態を段階的に検出することができる。記録装置制御部2002の液体消費状態検出部1202以外の構成は、図5の記録装置制御部2000と同様の構成であるので説明を省略する。

【0162】液面が各アクチュエータの取付位置レベルより高いか否かによって、各アクチュエータの出力信号は異なる。例えば、検出される逆起電力の周波数や振幅が大きく変化すれば、それに伴って検出信号が変化する。液体消費状態検出部1202は、各検出信号に基づいて、液体の液面が各アクチュエータ106A、106B、及び106Cの取付位置レベルを通過したか否かを判定できる。検出処理は、例えば予め定められたタイミングで定期的に行われる。

【0163】ここで、液面がアクチュエータの取付位置より低い状態を「液体無し状態」とし、液面がアクチュエータより高い状態を「液体有り状態」とする。液面がアクチュエータを通過すると、「液体有り状態」から「液体無し状態」へ検出結果が変化する。本実施の形態では、液面通過の検知とは、このような検出結果の変化を示す。

【0164】本実施形態の特徴として、制御部1400は、インピーダンスの検出に用いるアクチュエータを、液体消費の進行に応じて液体の液面の低下方向に沿って切り換える。詳述すると、液体容器1の装着直後すなわ

ち液体フル状態では、アクチュエータ106Aのみが使用される。液体が消費され液面がアクチュエータ106Aを通過すると、アクチュエータ106Aは液体無し状態を検出する。これに応じて、制御部1400は、液体検出位置を中段に切り換える、すなわち、アクチュエータ106Bのみを用いて液体の消費が検出される。同様にして、アクチュエータ106Bが液体無し状態を検出すると、検出位置が最下段のアクチュエータ106Cへと切り換えられる。

【0165】本実施の形態によれば、検出位置を順次下方に切り換えていくので、全てのアクチュエータが常に動作しなくてもよい。すなわち、アクチュエータの動作の頻度が少ない。したがって、制御部1400におけるデータ処理量を抑制することができる。この結果、検出動作が印刷動作のスループットを低下させることはない。

【0166】本実施の形態においては、アクチュエータの数が3つであった。しかしながら、アクチュエータの数は3つ以上であればいくつでもよい。また、アクチュエータの間隔は一定でなくてもよい。たとえば、液面が低くなるほどアクチュエータの間隔を狭くすることが好適である。こうした変形は、以下の他の実施形態においても同様に適用可能である。

【0167】図7は、図5に示した記録装置制御部2000を変形した実施形態を示す。図7の液体容器1は、液体容器1内の液体を記録紙等の記録媒体に吐出して印字するためのヘッド部1300に連通するように、キャリッジ上に装着されている。ヘッド部1300は、ヘッド駆動部1440によって駆動されるようになっている。また、図7の記録装置は、ヘッド部1300から液体を吸引してヘッド部1300のノズルを清掃するクリーニング部1436を有している。クリーニング駆動部1432がポンプ1434を駆動することにより、クリーニング部1436はヘッド部1300から液体を吸引するようになっている。

【0168】図7に示す記録装置制御部2004の制御回路部1502は、図5に示した記録装置制御部2000が有する要素に加えて、ヘッド部1300が吐出したインク滴の数を数える液体吐出カウンタ（ドットカウンタ）1450と、液体吐出カウンタ1450が数えたインク滴の数に基づいてインク消費量を算出する液体消費量算出部1452と、液体消費状態検出部1210が検出したインク消費状態に基づいてクリーニング駆動部1432を制御するクリーニング制御部1442と、を更に有している。また、検出回路部1104は、液体吐出カウンタ1450がカウントしたヘッド部1300のインク滴の吐出数を、アクチュエータ106を用いて検出したインクの消費状態に基づいて補正する液体消費状態補正部1010を有する。

【0169】次に、図7において新たに加わった要素に

についての動作を説明する。液体吐出カウンタ1450は、印字時にヘッド部1300から吐出されるインク滴の数をカウントし、液体消費量算出部1452へ出力する。液体消費量算出部1452は、液体吐出カウンタ1450のカウント値に基づいて、ヘッド部から吐出されたインク量を算出する。

【0170】また、印刷とは関係のない駆動信号を印字ヘッドに印加してインク滴を空吐出させることにより、ヘッド部1300のノズル開口近傍の不揃いのメニスカスを回復させたり、ノズル開口におけるインクの目詰まりを防止すること（フラッシング操作）によっても、インクが消費される。したがって、液体吐出カウンタ1450は、フラッシング操作によるインク滴吐出数についてもカウントして、液体消費量算出部1452へ出力する。

【0171】液体消費量算出部1452は、印字操作及びフラッシング操作におけるヘッド部1300からのインクの吐出数から、インクの消費量を算出して、算出したインク消費量を液体消費状態補正部1010へ出力する。液体消費量算出部1452によって算出されたインク量は、提示処理部1404のディスプレイ1416によって表示される。

【0172】更に、ヘッド部1300をクリーニング部1436によって清掃する（クリーニング操作）際にも、ヘッド部1300内のインクが吸引されることで液体容器1内のインクが消費される。したがって、液体消費量算出部1452は、クリーニング制御部1442を介してクリーニング駆動部1432がポンプ1434を駆動した時間（例えばポンプ1434に通電した時間）とポンプ1434の時間当たりのインク吸収量とを掛けることによって、クリーニングによるインクの消費量を算出する。

【0173】したがって、液体消費量算出部1452は、液体吐出カウンタ1450とクリーニング制御部1442とによって、消費されたインク量を算出する。液体消費状態補正部1010は、液体消費量算出部1452の算出値を、液体有無判定部1000の判定結果に基づいて補正する。

【0174】インク消費状態の検出に、液体有無判定部1000及び液体消費量算出部1452の2つの出力を用いる理由を次に述べる。

【0175】液体有無判定部1000の出力は、液体の液面をアクチュエータ106によって実際に測定した情報である。一方、液体消費量算出部1452の出力は、液体吐出カウンタ1450がカウントしたインク滴の数及びポンプの駆動時間から算出された推定のインク消費量である。

【0176】この算出値は、ユーザサイドで設定される印刷形態や使用環境により、例えば室温が極端に高いまたは低い場合、あるいは、インクカートリッジの開封後

の経過時間が長い場合、インクカートリッジ内の圧力やインクの粘度が変化することによって誤差を生じることがある。

【0177】そこで、液体消費状態補正部1010は、液体消費量算出部1452によって算出されたインク消費量を、液体有無判定部1000から出力されたインク有無の判定結果に基づいて補正する。更に、液体消費状態補正部1010は、液体有無判定部1000から出力されたインク有無の判定結果に基づいて、液体消費量算出部1452がインク消費量を算出するのに用いる算出式のパラメータを補正する。このように算出式のパラメータを補正することによって、当該算出式をインクカートリッジが使用されている環境に適合させることができる。これにより、算出式によって得られた値が、実際に使用した値により近似するようになる。

【0178】アクチュエータ106が装着位置において「インク無し」を検知した場合、記録装置動作制御部1402に制御される印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、印刷データ記憶処理部1412及びクリーニング制御部1442は、所定の低インク量対応処理を行う。

【0179】印刷動作制御部1406は、ヘッド駆動部1440を制御して、ヘッド部1300におけるインクの吐出を停止したり、インクの吐出量を減少させる。これにより、インクが無くなった後の印刷動作が回避される。

【0180】クリーニング制御部1442は、低インク対応処理として、クリーニング部1436によるヘッド部1300のクリーニング動作を禁止したり、クリーニングの回数を減少したり、ポンプ1434の吸引力を弱めたりして、インクの吸引量を減少させる。ヘッド部1300のクリーニングの際に、比較的多くのインクがヘッド部1300から吸引される。したがって、低インクとなったときにクリーニング動作を禁止することにより、残り少ないインクがクリーニングのためにヘッド部1300から吸引されることを回避でき、クリーニングのためにインクが不足するという事態を回避できる。あるいは、前述のように、クリーニングの回数を減少したり、ポンプ1434の吸引力を弱めてもよい。制御部1400が、液体容器1内のインク残量に基づいて、印刷動作制御部1406及びクリーニング制御部1442がどのような低インク処理を実行するかを選択する。

【0181】図8は、図7に示した記録装置制御部2004を变形した実施形態を示す。この実施例では、半導体記憶手段7が液体容器1に装着され、記録装置制御部2006が情報記憶制御回路部1444を有している。その他は、図7に示した記録装置制御部2004と同様の構成である。したがって、半導体記憶手段7及び情報記憶制御手段1444と関係ない要素についてはその説明を省略する。

【0182】本実施の形態の液体容器1は、アクチュエータ106及び半導体記憶手段7を有する。半導体記憶手段7は、例えば、EEPROM等の書き換え可能なメモリである。制御回路部1506は、情報記憶制御回路部1444を有する。

【0183】液体消費状態検出部1210は、アクチュエータ106を制御して液体容器1内の液体の消費状態を検出し、アクチュエータ106を用いた液体消費状態の検出に関連する消費関連情報を制御回路部1506へ出力する。

【0184】制御部1400は、情報記憶制御回路部1444を介して、消費関連情報を半導体記憶手段7に書き込む。更に、情報記憶制御回路部1444は、消費関連情報を半導体記憶手段7から読み出して、制御部1400へ出力する。

【0185】次に、半導体記憶手段7について詳細に説明する。半導体記憶手段7は、アクチュエータ106を用いた液体の消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する。消費関連情報は、検出された液体の消費状態の情報を含む。情報記憶制御回路部1444は、アクチュエータ106を用いて得られた消費状態情報を半導体記憶手段7に書き込む。そして、この消費状態情報が読み出され、記録装置制御部2006において使用される。

【0186】消費状態情報を半導体記憶手段7に記憶することは、特に液体容器1を脱着する場合において有利である。例えば、液体が途中まで消費された状態で、液体容器1がインクジェット記録装置から取り外されたとする。この時、液体消費状態を記憶した半導体記憶手段7が常に液体容器1と共にある。液体容器1は、再度同じインクジェット記録装置に装着されるか、あるいは他のインクジェット記録装置に装着される。この時、半導体記憶手段7から液体消費状態が読み出され、その液体消費状態に基づいて記録装置制御部2006が動作する。例えば、液体が空または液体残量が少ない液体容器1が装着された場合でも、その旨がユーザに伝えられる。このように、液体容器1を脱着する場合であっても、液体容器1の以前の消費状態情報を確実に利用できる。

【0187】半導体記憶手段7は、さらに、液体吐出カウンタ1450がカウントしたインク滴の数に基づいて液体消費量算出部1452が算出した液体消費状態を記憶してもよい。アクチュエータ106は、アクチュエータ106の装着位置におけるインク液面の通過を確実に検出できるが、液面通過の前後のインク消費状態についての検出は困難である。従って、液面通過の前後のインク消費状態について、液体消費量算出部1452が算出した液体消費状態から推定し、当該推定値を半導体記憶手段7に格納することが好ましい。

【0188】また、消費関連情報は、液体の消費状態に

応じて検出されるべき検出特性情報を含む。本実施形態では、検出特性情報として、消費前検出特性情報および消費後検出特性情報が記憶される。消費前検出特性情報は、インクの消費が開始される前の検出特性、すなわち、インクフル状態における検出特性を示す。消費後検出特性情報は、インクが所定の検出目標まで消費されたときに検出される予定の検出特性、具体的には、インク液面がアクチュエータ 106 の取付位置レベルを下回ったときの検出特性を示す。

【0189】情報記憶制御回路部 1444 は、半導体記憶手段 7 から検出特性情報を読み出し、液体消費状態検出部 1210 は、その検出特性情報に基づいてアクチュエータ 106 を用いて液体消費状態を検出する。消費前検出特性に対応する検出信号が得られた場合、インクの消費がまだ進んでおらず、インクの残量は多いと考えられる。少なくとも、インク液面がアクチュエータ 106 より上であることは確実に分かる。一方、消費後検出特性に対応する検出信号が得られたときは、インクの消費が進み、残量が少ないので、インク液面はアクチュエータ 106 を下回っていることが分かる。

【0190】検出特性情報を半導体記憶手段 7 に記憶することの利点の一つを説明する。

【0191】検出特性情報は、液体容器 1 の形状、アクチュエータ 106 の仕様、インクの仕様、等の各種の要因によって決まる。従って、改良等の設計変更が行われたときには、検出特性も変化することがある。液体消費状態検出部 1210 が常に同じ検出特性情報を使用すると、こうした検出特性の変化への対処が困難である。一方、本実施の形態では、検出特性情報が半導体記憶手段 7 に記憶され利用される。したがって、検出特性の変化に容易に対処できる。例えば、新しい仕様の液体容器 1 が提供されるときも、その液体容器 1 の検出特性情報を、記録装置制御部 2006 が容易に利用できるのである。

【0192】液体容器 1 の仕様が同じでも、製造ばらつきによって検出特性が異なることがある。例えば、液体容器 1 の形状や肉厚に応じて、検出特性が異なることもある。従って、さらに好ましくは、個々の液体容器 1 ごとの検出特性情報が測定されて半導体記憶手段 7 に格納される。本実施の形態では、各液体容器 1 が半導体記憶手段 7 を有するので、その半導体記憶手段 7 に固有の検出特性情報を格納できる。これにより、製造ばらつきの検出への影響を低減でき、検出精度を向上できる。このように、本実施の形態は、個々の液体容器 1 の検出特性の相違に対応できて有利である。

【0193】図 9 は、図 8 に示した記録装置制御部 2006 の動作手順を示すフローチャートである。

【0194】まず、インクカートリッジが装着されたか否かが判定される (S10)。すなわち、新品のインクカートリッジまたは途中で使

ったカートリッジが装着されたことが検出される。この処理には、インクジェット記録装置に備えられたスイッチ等 (図示せず) が用いられる。

【0195】インクカートリッジが装着されると、半導体記憶手段 7 から検出特性情報等を含む消費関連情報が読み出される (S12)。記録装置制御部 2008 の提示処理部 1404、印刷動作制御部 1406、インク補充処理部 1408、カートリッジ交換処理部 1410、印刷データ記憶処理部 1412 及びクリーニング制御部 1442 が、読み出された消費関連情報を利用する。例えば、読み出された消費関連情報により液体容器 1 内の液体残量が少ないことが分かったと、ディスプレイ 1416 に液体残量が少ないことを表示したり、ヘッド部 1300 の動作を停止させる。

【0196】液体消費状態検出部 1210 は、読み出された検出特性情報に基づいて、アクチュエータ 106 を用いて液体の消費状態を検出する (S14)。検出された液体消費状態に基づいて、液体容器 1 内の液体の有無が判定される (S16)。「液体無し」が検出された場合には、液体無し対応工程 (S18) が実行される。液体無し対応工程 (S18) としては、印刷データ記憶処理部 1412 によって印字データを記憶するステップ (S24)、印刷動作制御部 1406 によって印刷動作を停止するステップ (S26) 及び提示処理部 1404 によって液体無しを表示するステップ (S28) が含まれる。

【0197】この場合、液体無し表示ステップ (S28) の指示により、後述するようにユーザがインクカートリッジを交換することで、インクジェット記録装置にインクが補充される。

【0198】あるいは、液体無し対応工程 (S18) として、カートリッジ交換処理部 1410 によって自動的にインクカートリッジを交換 (S20) してもよいし、インク補充処理部 1408 によって自動的にインクを補充 (S22) してもよい。この場合、インクは自動的にインクジェット記録装置に補充され、ユーザがインクカートリッジを交換する必要が無い。この場合、後述するカートリッジ交換判断ステップ (S32) を経ずに、液体消費情報読出しステップ (S12) に戻る。なお、インク補充ステップ (S22) が実施される場合、インクが補充された後、どれだけの量のインクが記録装置に補充されたかの情報が半導体記憶手段 7 に格納される (S34)。

【0199】液体無し対応手段 (S18) として、印字データ記憶ステップ (S24)、印刷動作停止ステップ (S26) 及び液体無し表示ステップ (S28) が実行された後、検出された液体消費状態は半導体記憶手段 7 に格納される (S30)。インクカートリッジ内にインクがないことは、液体無し表示ステップ (S28) によってユーザに伝達されているので、ユーザが液体無し表

示ステップ (S 2 8) の指示に従ってインクカートリッジを交換する。この場合 (S 3 2 , Y) 、液体消費状態検出ステップ (S 1 4) に戻る。一方、ユーザがインクカートリッジを交換しない場合、インクカートリッジを交換するよう更にユーザに促すような表示がディスプレイ又はスピーカにより提示されて、プロセスを終了する。

【 0 2 0 0 】 図 1 0 は、測定回路部 8 0 0 の回路構成を示す図である。測定回路部 8 0 0 は、駆動電圧生成部 8 5 0 、基準電位生成部 8 1 6 、ハイパスフィルタ 8 2 4 、増幅部 8 6 0 及び比較器 8 3 6 を有する。駆動電圧生成部 8 5 0 は、相補に並列にベース B 同士及びエミッタ E 同士が接続された NPN 型トランジスタ 8 1 0 及び PNP 型トランジスタ 8 1 2 の 2 個のバイポーラトランジスタを含む。NPN 型トランジスタ 8 1 0 及び PNP 型トランジスタ 8 1 2 は、アクチュエータ 1 0 6 を駆動するためのトランジスタである。アクチュエータ 1 0 6 は、一方の端子が、互いに接続された NPN 型トランジスタ 8 1 0 及び PNP 型トランジスタ 8 1 2 のエミッタ E に接続され、他方の端子が、グランド GND に接続される。アクチュエータ 1 0 6 の他方の端子は、電源 Vcc (5 V) に接続されてもよい。

【 0 2 0 1 】 端子 8 4 0 から駆動電圧生成部 8 5 0 に入力されるトリガ信号が、Low から High となると、互いに接続された NPN 型トランジスタ 8 1 0 及び PNP 型トランジスタ 8 1 2 のベース B が立ち上がり、NPN 型トランジスタ 8 1 0 及び PNP 型トランジスタ 8 1 2 は入力されたトリガ信号の電流を増幅して、アクチュエータ 1 0 6 に与える。図 1 0 の場合、PNP 型トランジスタ 8 1 2 のエミッタ E とコレクタ C との間の電圧が、アクチュエータ 1 0 6 に与えられる。このため、アクチュエータ 1 0 6 は急激に充電されて発振する。更に、アクチュエータ 1 0 6 は、発振後に残留する振動により逆起電力を発生する。アクチュエータ 1 0 6 の残留振動により発生した逆起電力は、ハイパスフィルタ 8 2 4 を介して増幅部 8 6 0 に出力される。

【 0 2 0 2 】 NPN 型トランジスタ 8 1 0 (PNP 型トランジスタ 8 1 2 も同様) のベース B 及びエミッタ E 間は PN 接合になっており、ベース B とエミッタ E との電位差が 0 . 6 V 以下ではエミッタ E 側にほとんど電流が流れず、0 . 6 V を超えると大きく増幅された電流がエミッタ E に流れる。すなわち、NPN 型トランジスタ 8 1 0 及び PNP 型トランジスタ 8 1 2 は、それぞれ 0 . 6 V の不感帯又はバイアス電圧を有しており、NPN 型トランジスタ 8 1 0 及び PNP 型トランジスタ 8 1 2 は合計 1 . 2 V 程度のバイアス電圧を有する。アクチュエータ 1 0 6 の逆起電力を含めた端子電位が不感帯の範囲内であれば、トランジスタが動作してエミッタ E に電流が流れ込むことはなく、トランジスタの動作のためにアクチュエータ 1 0 6 の残留振動を抑えてしまうことがな

い。不感帯がないと、アクチュエータ 1 0 6 の電圧はトランジスタにより制御されて一定値となり、逆起電力を調べることができない。

【 0 2 0 3 】 図 1 0 において、バイポーラトランジスタとして NPN 型トランジスタ 8 1 0 及び PNP 型トランジスタ 8 1 2 が用いられているが、バイポーラトランジスタの代わりに電界効果トランジスタを用いてもよい。電界効果トランジスタを用いる場合、図 1 0 の NPN 型トランジスタが配置されている位置に N 型電界効果トランジスタを配置する。N 型電界効果トランジスタのゲートを NPN 型トランジスタ 8 1 0 のベース B の位置に配置し、ソースをエミッタ E の位置に配置する。また、PNP 型トランジスタ 8 1 2 が配置されている位置に P 型電界効果トランジスタを配置する。P 型電界効果トランジスタのゲートを PNP 型トランジスタ 8 1 2 のベース B の位置に配置し、ソースをエミッタ E の位置に配置する。更に、P 型電界効果トランジスタ及び N 型電界効果トランジスタのゲート同士及びソース同士を接続する。アクチュエータ 1 0 6 は、一方の端子が互いに接続された P 型電界効果トランジスタ及び N 型電界効果トランジスタのソースに接続され、他方の端子が電源 Vcc 又はグランド GND に接続されることが好ましい。

【 0 2 0 4 】 ハイパスフィルタ 8 2 4 は、コンデンサ 8 2 6 と抵抗器 8 2 8 とを有している。駆動電圧生成部 8 5 0 の出力は、このようなハイパスフィルタ 8 2 4 を介して増幅部 8 6 0 に出力される。ハイパスフィルタ 8 2 4 は、アクチュエータ 1 0 6 の出力のうち高周波成分を増幅部 8 6 0 へ出力する一方、低周波成分を取り除く。更に、ハイパスフィルタ 8 2 4 は、増幅部 8 6 0 の出力が基準電位を中心として 0 ~ 5 V の範囲に収まるように調整する役割がある。

【 0 2 0 5 】 基準電位生成部 8 1 6 は、直列に接続された抵抗 8 1 8 及び 8 2 0 と、抵抗 8 2 0 に並列に接続されたコンデンサ 8 2 2 と、を有する。これにより、基準電位生成部 8 1 6 は、2 ~ 3 V 程度の安定した直流電位を基準電位として生成し、ハイパスフィルタ 8 2 4 、増幅部 8 6 0 及び比較器 8 3 6 へ供給する。このため、ハイパスフィルタ 8 2 4 及び増幅部 8 6 0 が出力する信号波形の電圧は、基準電位を中心にして振動する。

【 0 2 0 6 】 増幅部 8 6 0 は、オペアンプ 8 3 4 と抵抗 8 3 0 及び 8 3 2 とを有する。オペアンプ 8 3 4 、抵抗 8 3 0 及び 8 3 2 は、入力信号を反転せずに増幅して出力する非反転増幅回路として構成されている。駆動電圧生成部 8 5 0 が出力した逆起電力信号が、ハイパスフィルタ 8 2 4 を介してオペアンプ 8 3 4 の + 端子に入力される。オペアンプ 8 3 4 の - 端子は、負帰還抵抗 8 3 0 を通して出力端子と接続する一方、抵抗 8 3 2 を通して基準電位と接続している。これにより、アクチュエータ 1 0 6 が出力した微弱な逆起電力信号が基準電位を中心として増幅され、比較器 8 3 6 へ出力される。このよう

に増幅された逆起電力信号の波形は、図4に示したアナログ波形として表され得る。

【0207】比較器836には、増幅部860から出力された逆起電力信号の電圧と基準電位生成部816が生成した基準電位とが入力され、逆起電力信号の電圧が基準電位以上のときにHighの信号を、逆起電力信号の電圧が基準電位以下のときにLowの信号を出力する。これにより、デジタル波形の逆起電力信号が生成される。すなわち、オペアンプ834の出力が基準電位を中心に振動する一方、比較器836の一端子の電圧が基準電位と等しいので、比較器836は基準電位を基準にして逆起電力信号の電圧を比較して、デジタル波形の逆起電力信号を出力する。比較器836は、生成したデジタル波形の逆起電力信号を、端子844へ出力する。

【0208】なお、前述のように、圧電素子への駆動電圧信号の供給は、端子840からのトリガ信号の入力によってなされる。このトリガ信号の入力は、制御装置840cによってなされ得る。制御装置840cは、例えば、液体容器が搭載されるインクジェット記録装置等の各種の液体消費装置に設けられ得る。

【0209】ここで、測定回路部800の回路構成の他の例について、図11を用いて説明する。

【0210】この場合の基準電位生成部816は、直列に接続された抵抗817、818及び820と、抵抗820に並列に接続されたコンデンサ822と、を有する。この場合、抵抗817及び抵抗820は共に約5k Ω 、抵抗818は約500 Ω である。これにより、基準電位生成部816は、2～3V程度の安定した2つの直流電位を基準電位A及びBとして生成し、ハイパスフィルタ824及び増幅部860と比較器836とにそれぞれ供給する。このため、ハイパスフィルタ824及び増幅部860が出力する信号波形の電圧は、基準電位Bを中心にして振動する。

【0211】ハイパスフィルタ824は、増幅部860の出力が基準電位B（後述）を中心として0～5V（Vcc）の範囲に収まるように調整する役割を果たす。

【0212】増幅部860は、オペアンプ834と抵抗830及び832とを有する。オペアンプ834、抵抗830及び832は、入力信号を反転せずに増幅して出力する非反転増幅回路として構成されている。駆動電圧生成部850が出力した逆起電力信号が、ハイパスフィルタ824を介してオペアンプ834の+端子に入力される。オペアンプ834の-端子は、負帰還抵抗830を通して出力端子と接続する一方、抵抗832を通して基準電位Bと接続している。これにより、アクチュエータ106が出力した微弱な逆起電力信号が基準電位Bを中心として増幅され、比較器836へ出力される。このように増幅された逆起電力信号の波形は、図4に示したアナログ波形として表され得る。

【0213】比較器836には、増幅部860から出力

された逆起電力信号の電圧と基準電位生成部816が生成した基準電位Aとが入力され、逆起電力信号の電圧が基準電位A以上のときにHighの信号を、逆起電力信号の電圧が基準電位A以下のときにLowの信号を出力する。これにより、デジタル波形の逆起電力信号が生成される。すなわち、オペアンプ834の出力が基準電位Bを中心に振動する一方、比較器836の一端子の電圧が基準電位Aと等しいので、比較器836は基準電位Aを基準にして逆起電力信号の電圧を比較して、デジタル波形の逆起電力信号を出力する。比較器836は、生成したデジタル波形の逆起電力信号を、端子844へ出力する。

【0214】なお、基準電圧Aと基準電圧Bとの高低の関係は、逆であってもよい。

【0215】図11において、その他の回路構成は、図10に示す測定回路部800と略同様である。

【0216】図11に示す測定回路部800では、逆起電力が存在しない場合、オペアンプ834の出力が基準電位Bとなるので、比較器836の出力信号は常にLowであって変化しないはずである。このことを利用して、測定回路部800におけるノイズの影響の有無を判別することができる。

【0217】例えば測定回路部800は、図11に示すように、ノイズ影響判別部880を有し得る。ノイズ影響判別部880は、例えば図12に示すようなフローに従って、逆起電力信号に対するノイズの影響を判別する。

【0218】この場合、ノイズ影響判別部880は、圧電素子に駆動電圧信号が与えられる前に、通常の共振周波数（逆起電力信号の周波数）測定（詳細は後述する）時に要する時間と同じ時間またはそれ以上の時間（規定時間とする）、比較器836からの出力を観測する（STEP1）。

【0219】そして、当該規定時間の間に比較器836の出力が変化したか否かを判別する（STEP2）。

【0220】出力の変化が無かった場合、ノイズの影響が小さいと判別し、圧電素子に駆動電圧信号が与えられて、検出回路部1100（図13及び図14を用いて後に詳述）による共振周波数の測定等が実施される（STEP3）。

【0221】一方、出力の変化があった場合、ノイズの影響が大きいと判別し、現在の状態では検出回路部1100による共振周波数の測定が正確に実施できないことを示す情報が、図示しない表示画面等に出力される（STEP4）。

【0222】以上のように、図12に示すフローチャートに従えば、ノイズの影響によって誤った共振周波数を測定してしまうことが回避され得る。

【0223】また、ノイズ影響判別部880を別途の回路として構成する代わりに、デジタル回路部900を利

用してノイズ影響判別部を構成してもよい。

【0224】図13は、図5の検出回路部1100の回路構成を示す。検出回路部1100は、デジタル回路部900及び液体有無判定部1000を有する。デジタル回路部900は、フリップフロップ910及び918と、カウンタ912及び920と、NANDゲート914及び916と、を有する。カウンタ920は、最高値(1111、1111)まで数えたら、次にクロックパルスが入力されても(0000、0000)にならず、最高値を維持するものとする。

【0225】トリガ信号が、端子842からフリップフロップ910のクロック入力ピンCLKに入力されると、フリップフロップ910は、カウンタ912に対して、測定回路部800から出力された逆起電力信号のパルス数の計測をカウンタ912が開始するよう制御する信号を出力する。更に、カウンタ912が逆起電力信号のパルスを8個数えると、NANDゲート916を介してフリップフロップ910がクリアされる。したがって、フリップフロップ910は、トリガ信号が入力されてから逆起電力信号が8パルス目までの間Highとなる

カウンタ920は、フリップフロップ918に入力されるのと同様の16MHzのクロックパルスを、クロック入力ピンCLKから受容する。このため、カウンタ920はフリップフロップ918と同期して作動し、フリップフロップ918の出力ピンQの出力がHighとなっている4パルス目から8パルス目までの間において、16MHzのクロックパルスが何個あるかをカウントすることができる。16MHzのクロックパルスのパルス数をカウントすることで、4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測することができる。カウンタ920は、カウントしたカウント値を液体有無判定部1000に出力する。なお、フリップフロップ918の出力ピンQがHighになる前、すなわち、カウンタ920を動作させる前に、フリップフロップ918の出力ピンQの出力とカウンタ912の出力ピンQBの出力とがNANDゲート914においてNAND演算されて、カウンタ920のクリア入力ピンCLRに入力されてカウンタ920がクリアされるようになっている。

【0229】図13の回路では、逆起電力波形の4パルス目から8パルス目までの間に存在する16MHzのクロックパルスのパルス数をカウントしたが、カウンタ912の出力を用いる計数回路を追加して組み合わせることにより、8カウント目までの時間ばかりでなく任意のカウント目まで数えることもできる。すなわち、異なったカウント間隔内の時間を検出することができる。

【0230】図13において、クロック信号である端子846の信号は、高い周波数の信号であり、デジタル回路部800に対してノイズを与え、誤動作を引き起こす可能性がある。従って、クロック信号を必要とするデジタル部から離して配置するか、回路をIC化する場合、アナログ部とデジタル部を別のICにすることが望ましい。その際、測定回路部800をインクカートリッジの近くにおき、検出回路部1100をメイン基板等に配置

している信号を、カウンタ912のカウントイネーブル端子ENPに供給する。

【0226】カウンタ912は、カウントイネーブル端子ENPに入力される信号がHighのときのみ、クロックを計数する。カウンタ912は、トリガ信号がフリップフロップ910に入力されてから逆起電力信号のパルス数の計数を開始し、パルス数を8個数えた時点でカウントイネーブル端子ENPに入力される信号がLowになるのでパルス数のカウントを終了する。カウンタ912は、4パルス目から8パルス目までがHighとなっている信号を、出力ピンQCからフリップフロップ918の入力ピンDに出力する。

【0227】フリップフロップ918は、カウンタ912が出力した4パルス目から8パルス目までがHighとなっている信号を入力ピンDから受容し、端子846から入力した16MHzの周波数のクロックをクロック入力ピンCLKから受容して、入力ピンDから入力された信号を当該クロックに同期させて出力する。

【0228】

【数1】

する。この場合、端子844の信号はデジタル信号でありノイズに強いから長い距離を引き回しても問題ない。あるいは、フリップフロップ910およびカウンタ912もカートリッジの近くに配置し、カウンタ912の出力QB、QCを引き回してもよい。さらに、NANDゲート914の入力的一方をフリップフロップ918の出力ではなく、カウンタ912のQCを反転させた信号にすれば、カウンタ912の出力QCのみを引き回すだけでよい。

【0231】図14は、図13に示した液体有無判定部1000の詳細な回路構成を示す。液体有無判定部1000は、カウンタ920が出力した逆起電力信号の4パルス目から8パルス目までの間に現れる16MHzのクロックパルス数のカウント値に基づいて、液体容器1内の液体の有無を判断する。液体有無判定部1000は、

図14に示すように、上限値レジスタ1011と、下限値レジスタ1012と、比較部1014及び1016と、ANDゲート1018とを有する。上限値レジスタ1011にはカウント値の上限値が格納され、下限値レジスタ1012にはカウント値の下限値が格納されている。

【0232】比較部1014は、デジタル回路部900が出力したカウント値をB端子から受容し、カウント値の上限値を上限値レジスタ1011からA端子を介して受容する。カウント値が上限値より小さい場合、比較部1014はHighの信号をANDゲート1018に出力する。一方、カウント値が上限値以上の場合、比較部1014は、Lowの信号をANDゲート1018に出力する。カウント値が上限値以上の場合、逆起電力波形の周波数が下限値より低く、逆起電力波形が正常に測定されていないので、液体容器が記録装置に装着されていないかまたは確実に装着されていない可能性がある。

【0233】一方、比較部1016は、デジタル回路部900が出力したカウント値をA端子から受容し、カウント値の下限値を下限値レジスタ1012からB端子を介して受容する。カウント値が下限値より大きい場合、比較部1016はHighの信号をANDゲート1018及び端子1022に出力する。一方、カウント値が下限値以下である場合、比較部1016はLowの信号をANDゲート1018及び端子1022に出力する。カウント値が下限値以下である場合、液体容器1内の液体がアクチュエータ106の装着位置において存在しないことを意味する。

【0234】比較部1014及び1016の双方がHighの信号を出力した場合、すなわち、カウント値が上限値より小さく下限値より大きい場合、ANDゲート1018はHighの信号を出力する。この場合、逆起電力波形の周波数が上限値より低いので、液体容器1内の液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて存在する。しかも、逆起電力波形の周波数が下限値より高いので、液体容器1が記録装置に確実に装着されており、液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて存在することがわかる。すなわち、端子1020がHighの場合は、液体容器1が記録装置に確実に装着されており、液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて存在する正常な状態である。

【0235】比較部1014がLowの信号を出力し、比較部1016がHighの信号を出力した場合、すなわち、カウント値が上限値以上で下限値より大きい場合、ANDゲート1018はLowの信号を出力する。また、端子1022には、Highの信号が入力される。この場合、端子1020がLowなので異常であり、端子1022がHighなので液体容器1が記録装置に装着されていないか又は確実に装着されていないと判定できる。

【0236】比較部1014がHighの信号を出力し、比較部1016がLowの信号を出力した場合、すなわち、カウント値が上限値より小さく下限値以下の場合、ANDゲート1018はLowの信号を出力する。この場合、端子1020がLowなので異常であり、端子1022がLowなので液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて無いことがわかる。

【0237】図15は、アクチュエータ106の製造方法を示す。図15では、複数のアクチュエータ106（図15の例では4個）が一体に形成されている。図15に示した複数のアクチュエータの一体成形物を、それぞれのアクチュエータ106において切断することにより、図16に示すアクチュエータ106を製造する。図15に示す一体成形された複数のアクチュエータ106のそれぞれの圧電素子が円形である場合、一体成形物をそれぞれのアクチュエータ106において切断することにより、図1に示すアクチュエータ106を製造することができる。複数のアクチュエータ106を一体に形成することにより、複数のアクチュエータ106を同時に効率良く製造することができ、運搬時の取り扱いが容易となる。

【0238】アクチュエータ106は、薄板又は振動板176、基板178、弾性波発生手段又は圧電素子174、端子形成部材又は上部電極端子168、及び端子形成部材又は下部電極端子170を有する。

【0239】圧電素子174は、圧電振動板又は圧電層160、上部電極164及び下部電極166を含む。基板178の上面に振動板176が形成され、振動板176の上面に下部電極166が形成されている。下部電極166の上面には、圧電層160が形成され、圧電層160の上面に、上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部及び下部電極166の主要部によって、上下から挟まれるように形成されている。

【0240】図15に示す場合、振動板176上に、複数（図15の例では4個）の圧電素子174が形成されている。振動板176の表面に下部電極166が形成され、下部電極166の表面に圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成される。上部電極164及び下部電極166の端部に上部電極端子168及び下部電極端子170が形成される。そして、4個のアクチュエータ106が、それぞれ別々に切断されて個別に使用される。

【0241】図16は、圧電素子が矩形のアクチュエータ106の一部分の断面を示す。図17は、図16に示したアクチュエータ106の全体の断面を示す。

【0242】図17に示すように、基板178の圧電素子174と対向する面には、貫通孔178aが形成されている。貫通孔178aは振動板176によって封止されている。振動板176は、アルミナや酸化ジルコニア

等の、電気絶縁性を備えると共に弾性変形可能な材料によって形成されている。

【0243】貫通孔178aに対応する位置に、圧電素子174が振動板176上に形成されている。下部電極166は貫通孔178aの領域から一方向、図17では左方に延びるように振動板176の表面に形成されている。上部電極164は貫通孔178aの領域から下部電極とは反対の方向、図17では右方に延びるように圧電層160の表面に形成されている。

【0244】上部電極端子168及び下部電極端子170は、それぞれ補助電極172及び下部電極166の上面に形成されている。下部電極端子170は、下部電極166と電氣的に接触し、上部電極端子168は、補助電極172を介して上部電極164と電氣的に接触して、圧電素子とアクチュエータ106の外部との間の信号の受け渡しをする。上部電極端子168及び下部電極端子170は、電極164及び166と圧電層160とを合わせた圧電素子174の高さ以上の高さを有する。

【0245】図18は、図15に示したアクチュエータ106の製造方法を示す。まず、グリーンシート40に、プレスあるいはレーザー加工等を用いて貫通孔40aを穿孔する。グリーンシート40は、焼成後に基板178となるものである。グリーンシート40は、セラミック等の材料で形成される。

【0246】次に、グリーンシート40の表面に別のグリーンシート41を積層する。グリーンシート41は、焼成後に振動板176となるものである。グリーンシート41は、酸化ジルコニア等の材料で形成される。

【0247】次に、グリーンシート41の表面に、導電層42、圧電層160、導電層44を、圧膜印刷等の方法で順次形成する。導電層42は、後に下部電極166となるものであり、導電層44は、後に上部電極164となるものである。

【0248】次に、形成されたグリーンシート40、グリーンシート41、導電層42、圧電層160及び導電層44を、乾燥して焼成する。

【0249】スペーサ部材47、48は、上部電極端子168と下部電極端子170の高さを底上げして圧電素子より高くするための部材である。スペーサ部材47、48は、グリーンシート40、41と同材料を印刷するかあるいは積層して形成する。スペーサ部材47、48を用いることにより、貴金属である上部電極端子168及び下部電極端子170の材料が少なく済む。また、上部電極端子168及び下部電極端子170の厚みを薄くできるので、上部電極端子168及び下部電極端子170を精度良く印刷でき、精度の良い高さとすることができる。

【0250】導電層42の形成時に、導電層44との接続部44'及びスペーサ部材47及び48を同時に形成すると、上部電極端子168及び下部電極端子170を

容易に形成したり、強固に固定することができる。最後に、導電層42及び導電層44の端部領域に、上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する。上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する際、上部電極端子168及び下部電極端子170が、圧電層160に電氣的に接続されるように形成する。

【0251】図19は、本発明が適用されるインカートリッジのさらに他の実施形態を示す。図19(A)は、本実施形態によるインカートリッジの底部の断面図である。本実施形態のインカートリッジは、インクを収容する容器1の底面1aに貫通孔1cを有する。貫通孔1cの底部はアクチュエータ650によって塞がれ、インク溜部を形成する。

【0252】図19(B)は、図19(A)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの詳細な断面を示す。図19(C)は、図19(B)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの平面を示す。アクチュエータ650は、振動板72および振動板72に固定された圧電素子73を有する。圧電素子73が振動板72及び基板71を介して貫通孔1cに対向するように、アクチュエータ650は、容器1の底面に固定される。振動板72は、弾性変形可能で、耐インク性を備える。

【0253】容器1のインク量に依存して、圧電素子73及び振動板72の残留振動によって発生する逆起電力の振幅及び周波数が変化する。アクチュエータ650に対向する位置に貫通孔1cが形成されているため、最小限の一定量のインクが貫通孔1cに確保される。したがって、貫通孔1cに確保されるインク量により決まるアクチュエータ650の振動の特性を予め測定しておくことにより、容器1のインクエンドを確実に検出することができる。

【0254】図20は、貫通孔1cの他の実施形態を示す。図20(A)、(B)、及び(C)のそれぞれにおいて、左側の図は、貫通孔1cにインクKが無い状態を示し、右側の図は、貫通孔1cにインクKが残った状態を示す。図19の実施形態においては、貫通孔1cの側面は垂直な壁として形成されている。図20(A)においては、貫通孔1cは、側面1dが上下方向に斜めであり外側に拡大して開いている。図20(B)においては、段差部1e及び1fが、貫通孔1cの側面に形成されており、上方の段差部1fが下方の段差部1eより広がっている。図20(C)においては、貫通孔1cは、インクKを排出しやすい方向すなわちインク供給口2の方向へ延びる溝1gを有する。

【0255】図20(A)～(C)に示した貫通孔1cの形状によれば、インク溜部のインクKの量を少なくできる。従って、図1および図2で説明したM' cavを、M' maxと比較して小さくすることができる。このため、インクエンド時におけるアクチュエータ650の振動特性を、容器1に印刷可能な量のインクKが残存して

いるインク残存時と大きく異ならせることができ、インクエンドをより確実に検出することができる。

【0256】図21は、アクチュエータの他の実施形態を示す斜視図である。アクチュエータ660は、アクチュエータ660を構成する振動板72の貫通孔1cよりも外側にパッキン76を有する。アクチュエータ660の外周には、カシメ孔77が形成されている。アクチュエータ660は、カシメ孔77を介して、カシメにより容器1に固定される。

【0257】図22(A)、(B)は、アクチュエータの更に他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態においては、アクチュエータ670は、凹部形成基板80および圧電素子82を備える。凹部形成基板80の一方の面には、凹部81がエッチング等の手法により形成され、他方の面に圧電素子82が取り付けられている。凹部形成基板80のうち、凹部81の底部が振動領域として作用する。従って、アクチュエータ670の振動領域は、凹部81の周縁によって規定される。

【0258】アクチュエータ670は、図1の実施例によるアクチュエータ106において、基板178および振動板176が一体として形成された構造と類似する。この場合、インクカートリッジを製造する際の製造工程を短縮することができ、コストが低減される。アクチュエータ670は、容器1に設けられた貫通孔1cに埋め込み可能なサイズであることが好ましい。それによって、凹部81がキャビティとしても作用することができる。尚、図1の実施例によるアクチュエータ106を、図22の実施例によるアクチュエータ670と同様に、貫通孔1cに埋め込み可能なように形成してもよい。

【0259】図23は、アクチュエータ106を取付モジュール体100として一体形成した構成を示す斜視図である。モジュール体100は、インクカートリッジの容器1の所定個所に装着される。モジュール体100は、インク液中の少なくとも音響インピーダンスの変化を検出することにより、容器1内の液体の消費状態を検知するように構成されている。

【0260】本実施形態のモジュール体100は、容器1にアクチュエータ106を取り付けるための液体容器取付部101を有する。液体容器取付部101は、平面がほぼ矩形の基台102と、駆動信号により発振するアクチュエータ106を収容する基台102上の円柱部116と、を有している。また、モジュール体100は、インクカートリッジに装着されたときに、モジュール体100のアクチュエータ106が外部から接触できないように構成されている。これにより、アクチュエータ106を外部の接触から保護することができる。なお、円柱部116の先端側エッジは丸みが付けられていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0261】図24は、図23に示したモジュール体1

00の分解図である。モジュール体100は、樹脂からなる液体容器取付部101と、プレート110および凹部113を有する圧電装置装着部105(図23参照)とを含む。さらに、モジュール体100は、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106及びフィルム108を有する。好ましくは、プレート110は、ステンレス又はステンレス合金等の錆びにくい材料から形成される。

【0262】液体容器取付部101に含まれる円柱部116および基台102は、リードワイヤ104a及び104bを収容できるように中心部に開口部114が形成されると共に、アクチュエータ106、フィルム108、及びプレート110を収容できるように開口部114の周囲に凹部113が形成されている。

【0263】アクチュエータ106は、プレート110にフィルム108を介して接合され、プレート110およびアクチュエータ106は凹部113(液体容器取付部101)に固定される。従って、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、液体容器取付部101に一体として取り付けられる。

【0264】リードワイヤ104a及び104bは、それぞれアクチュエータ106の上部電極及び下部電極と結合して、圧電層に駆動信号を伝達する一方、アクチュエータ106が検出した共振周波数の信号を記録装置等へ伝達する。

【0265】アクチュエータ106は、リードワイヤ104a及び104bから伝達された駆動信号に基づいて、一時的に発振する。また、アクチュエータ106は、発振後に残留振動し、その振動によって逆起電力を発生させる。このとき、逆起電力波形の振動周期を検出することによって、液体容器内の液体の消費状態に対応した共振周波数を検出することができる。

【0266】フィルム108は、アクチュエータ106とプレート110とを接着して、アクチュエータを液密にする。フィルム108は、ポリオレフィン等によって形成し、熱融着で接着することが好ましい。アクチュエータ106とプレート110とをフィルム108によって面状に接着して固定することにより、接着の場所によるばらつきが無くなり、振動部以外の部分が振動しない。したがって、アクチュエータ106をプレート110に接着しても、アクチュエータ106の振動特性は変化しない。

【0267】なお、プレート110は円形状であり、基台102の開口部114は円筒状に形成されている。アクチュエータ106及びフィルム108は矩形状に形成されている。リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、基台102に対して着脱可能としてもよい。基台102、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエ

ータ106、フィルム108及びプレート110は、モジュール体100の中心軸に対して対称に配置されている。また、基台102、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110の中心は、モジュール体100のほぼ中心軸上に配置されている。

【0268】また、基台102の開口部114の面積は、アクチュエータ106の振動領域の面積よりも大きく形成されている。プレート110の中心でアクチュエータ106の振動部に直面する位置には、貫通孔112が形成されている。図1および図2に示したように、アクチュエータ106にはキャビティ162が形成されており、貫通孔112とキャビティ162とが、共にインク溜部を形成する。プレート110の厚さは、残留インクの影響を少なくするために、貫通孔112の径に比べて小さいことが好ましい。例えば、貫通孔112の深さはその径の3分の1以下の大きさであることが好ましい。貫通孔112は、モジュール体100の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。また、貫通孔112の面積は、アクチュエータ106のキャビティ162の開口面積よりも大きい。貫通孔112の断面の周縁は、テーパー形状であっても良いし、ステップ形状であってもよい。モジュール体100は、貫通孔112が容器1の内側へ向くように、容器1の側部、上部又は底部に装着される。インクが消費され、アクチュエータ106周辺のインクがなくなると、アクチュエータ106の共振周波数が大きく変化することに基いて、インクの水位変化を検出することができる。

【0269】図25は、モジュール体の他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態のモジュール体400は、液体容器取付部401に圧電装置装着部405が形成されている。液体容器取付部401は、平面がほぼ角丸の正方形上の基台402と、基台402上の円柱状の円柱部403と、を有している。更に、圧電装置装着部405は、円柱部403上に立てられた板状要素406および凹部413を含む。板状要素406の側面に設けられた凹部413には、アクチュエータ106が縦向きに配置されている。なお、板状要素406の先端は所定角度に面取りされていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0270】図26は、図25に示したモジュール体400の分解斜視図である。図23に示したモジュール体100と同様に、モジュール体400は、液体容器取付部401および圧電装置装着部405を含む。液体容器取付部401は基台402および円柱部403を有し、圧電装置装着部405は板状要素406および凹部413を有する。アクチュエータ106は、プレート410に接合されて凹部413に固定される。モジュール体400は、リードワイヤ404a及び404b、アクチュエータ106、及びフィルム408をさらに有する。

【0271】なお、本実施形態では、プレート410は

矩形形状であり、板状要素406に設けられた開口部414も矩形形状に形成されている。リードワイヤ404a及び404b、アクチュエータ106、フィルム408、及びプレート410は、基台402に対して着脱可能として構成しても良い。アクチュエータ106、フィルム408及びプレート410は、開口部414の中心を通り開口部414の平面に対して鉛直方向に延びる中心軸に対して、対称に配置されている。更に、アクチュエータ406、フィルム408及びプレート410の中心は、開口部414のほぼ中心軸上に配置されている。

【0272】プレート410の中心に設けられた貫通孔412の面積は、アクチュエータ106のキャビティ162の開口の面積よりも大きく形成されている。アクチュエータ106のキャビティ162と貫通孔412とは、共にインク溜部を形成する。プレート410の厚さは、貫通孔412の径に比べて小さく、例えば貫通孔412の径の3分の1以下の大きさに設定することが好ましい。貫通孔412は、モジュール体400の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。貫通孔412の断面の周縁は、テーパー形状であっても良いし、ステップ形状であってもよい。モジュール体400は、貫通孔412が容器1の内部に配置されるように、容器1の底部に装着することができる。アクチュエータ106が垂直方向に延びるように容器1内に配置されるので、基台402の高さを変えてアクチュエータ106が容器1内に配置される高さを変えることにより、インクエンドの時点の設定を容易に変えることができる。

【0273】図27は、モジュール体の更に他の実施形態を示す。図23に示したモジュール体100と同様に、図27のモジュール体500は、基台502および円柱部503を有する液体容器取付部501を含む。また、モジュール体500は、リードワイヤ504a及び504b、アクチュエータ106、フィルム508、及びプレート510をさらに有する。液体容器取付部501に含まれる基台502は、リードワイヤ504a及び504bを収容できるように中心部に開口部514が形成され、アクチュエータ106、フィルム508、及びプレート510を収容できるように開口部514の周囲に凹部513が形成される。アクチュエータ106は、プレート510を介して、圧電装置装着部505に固定される。従って、リードワイヤ504a及び504b、アクチュエータ106、フィルム508及びプレート510は、液体容器取付部501に一体として取り付けられる。

【0274】本実施形態のモジュール体500は、平面がほぼ角丸の正方形上の基台502上に、上面が上下方向に斜めな円柱部503が形成されている。円柱部503の上面の上下方向に斜めに設けられた凹部513上に、アクチュエータ106が配置されている。

【0275】すなわち、モジュール体500の先端は傾

斜しており、その傾斜面にアクチュエータ106が装着されている。このため、モジュール体500が容器1の底部又は側部に装着されると、アクチュエータ106が容器1の上下方向に対して傾斜するように配置される。モジュール体500の先端の傾斜角度は、検出性能を鑑みて、ほぼ30°から60°の間とすることが望ましい。

【0276】モジュール体500は、アクチュエータ106が容器1内に配置されるように容器1の底部又は側部に装着される。モジュール体500が容器1の側部に装着される場合には、アクチュエータ106が、傾斜しつつ、容器1の上側、下側、又は横側を向くように容器1に取り付けられる。一方、モジュール体500が、容器1の底部に装着される場合には、アクチュエータ106が、傾斜しつつ、容器1のインク供給口側を向くように容器1に取り付けられることが好ましい。

【0277】図28は、図23に示したモジュール体100を容器1に装着したときの、インク容器の底部近傍の断面図である。モジュール体100は、容器1の側壁を貫通するように装着されている。容器1の側壁とモジュール体100との接合面には、リング365が設けられ、モジュール体100と容器1との液密を保っている。このようにリングでシールが出来るために、モジュール体100は、図23で説明したような円柱部を備えることが好ましい。

【0278】モジュール体100の先端が容器1の内部に挿入されることで、プレート110の貫通孔112を介して、容器1内のインクがアクチュエータ106と接触する。アクチュエータ106の振動部の周囲が液体か気体かによって、アクチュエータ106の残留振動の共振周波数が異なるので、モジュール体100を用いてインクの消費状態を検出することができる。

【0279】また、モジュール体100に限らず、図25に示したモジュール体400、図27に示したモジュール体500、又は図29及び図30に示すモジュール体700A、700B、750A、及び750B、及び、モールド構造体600を容器1に装着して、インクの有無を検出してもよい。

【0280】図29は、モジュール体100の更に他の実施形態を示す。図29(A)のモジュール体750Aは、アクチュエータ106bと基台部360とを有する。モジュール体750Aは、その前面が容器1の側壁の内面と略一体となるように、容器1に装着されている。アクチュエータ106bは、圧電層160、上部電極164、下部電極166、及び振動板176を含む。振動板176の上面に下部電極166が形成されている。下部電極166の上面には圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160は、上部電極164及び下部電極166によって上下から挟まれるように形成

されている。圧電層160、上部電極164、及び下部電極166は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板176上に形成されている。圧電素子及び振動板176の振動領域は、アクチュエータが実際に振動する振動部である。容器1の側壁には貫通孔385が設けられている。したがって、インクは容器1の貫通孔385を介して、振動板176と接触する。

【0281】次に図29(A)に示したモジュール体750Aの動作について説明する。上部電極164及び下部電極166は、圧電層160に駆動信号を伝達すると共に、圧電層160が検出する共振周波数の信号を記録装置に伝達する。圧電層160は、上部電極164及び下部電極166によって伝達された駆動信号により発振し、その後残留振動する。この残留振動により、圧電層160は逆起電力を発生する。そして、逆起電力波形の振動周期をカウントし、その時点での共振周波数を検出することで、インクの有無を検出できる。

【0282】モジュール体750Aは、アクチュエータ106bの振動部の圧電素子側とは反対の面、すなわち、図29(A)に示すように、振動板176のみが、インク容器1内のインクと接触するようになっている。図29(A)のモジュール体750Aでは、図23から図27に示したリードワイヤ(104a、104b、404a、404b、504a及び504b)の電極のモジュール体への埋め込みが不要となる。このため、成形工程が簡素化される。更に、モジュール体750Aの交換やリサイクルが可能となる。また更に、アクチュエータ106bは基台部360により保護されているので、アクチュエータ106bを外部との接触から保護できる。

【0283】図29(B)は、モジュール体の更に他の実施形態を示す。図29(B)のモジュール体750Bは、アクチュエータ106bと基台部360とを有する。モジュール体750Bは、その前面が容器1の側壁の内面と略一体となるように、容器1に装着されている。アクチュエータ106bは、圧電層160、上部電極164、下部電極166、及び振動板176を含む。振動板176の上面に下部電極166が形成されている。下部電極166の上面には圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160は、上部電極164及び下部電極166によって上下から挟まれるように形成されている。圧電層160、上部電極164、及び下部電極166は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板176上に形成されている。圧電素子及び振動板176の振動領域は、アクチュエータが実際に振動する振動部である。容器1の側壁には薄壁部380が設けられている。モジュール体750Bは、アクチュエータ106bの振動部の圧電素子側とは反対の面、すなわち、図29(B)に示すように、振動板176のみが、インク容器

1の薄壁部380と接触するように容器1に装着される。したがって、アクチュエータ106bの振動部は、薄壁部380と共に残留振動する。

【0284】次に図29(B)に示したモジュール体750Bの動作について説明する。上部電極164及び下部電極166は、圧電層160に駆動信号を伝達すると共に、圧電層160が検出する共振周波数の信号を記録装置に伝達する。圧電層160は、上部電極164及び下部電極166によって伝達された駆動信号により発振し、その後共振周期で振動する。振動板176が容器1の薄壁部380と接触しているため、アクチュエータ106bの振動部は、薄壁部380と共に残留振動する。薄壁部380の容器1の内面側は、インクと接触するので、アクチュエータ106bが薄壁部380と共に残留振動する際、この残留振動の共振周波数及び振幅は、インク残量により変化する。この残留振動により、圧電層160は逆起電力を発生する。そして、逆起電力波形の振動周期をカウントし、その時の共振周波数を検出することにより、インク残量を検出することができる。

【0285】図29(B)のモジュール体750Bでは、図23から図27に示したリードワイヤ(104a、104b、404a、404b、504a及び504b)の電極のモジュール体への埋め込みが不要となる。このため、成形工程が簡素化される。更に、モジュール体750Bの交換やリサイクルが可能となる。また更に、アクチュエータ106bは基台部360により保護されているので、アクチュエータ106bを外部との接触から保護できる。

【0286】図30(A)は、モジュール体700Bを容器1に装着したときのインク容器の断面図を示す。図30(A)の場合、取付構造体の1つとしてモジュール体700Bを使用する。モジュール体700Bは、その液体容器取付部360が容器1の内部に突出するようにして、容器1に装着されている。取付プレート350に貫通孔370が形成され、貫通孔370とアクチュエータ106bの振動部とが面している。更に、モジュール体700Bの底壁に孔382が形成され、圧電装置装着部363が形成されている。アクチュエータ106bは、孔382を塞ぐようにして配備される。

【0287】したがって、インクは、圧電装置装着部363の孔382及び取付プレート350の貫通孔370を介して、振動板176と接触する。圧電装置装着部363の孔382及び取付プレート350の貫通孔370は、共にインク溜部を形成する。圧電装置装着部363とアクチュエータ106bとは、取付プレート350及びフィルム部材によって固定されている。また、液体容器取付部360と容器1との接続部には、シーリング構造372が設けられている。シーリング構造372は、合成樹脂等の可塑性の材料により形成されてもよいし、Oリングにより形成されてもよい。図30(A)のモジ

ュール体700Bと容器1とは別体であるが、図30(B)に示すように、モジュール体700Bの圧電装置装着部を容器1の一部で構成してもよい。

【0288】図30(A)のモジュール体700Bでは、図23から図27に示したリードワイヤのモジュール体への埋め込みが不要となる。このため、成形工程が簡素化される。更に、モジュール体700Bの交換が可能となり、リサイクルが可能となる。

【0289】インクカートリッジが揺れる際に、インクは容器1の上面あるいは側面に付着し得る。このようなインクは、容器1の上面あるいは側面から垂れてアクチュエータ106bに接触して、アクチュエータ106bを誤作動させる可能性がある。しかし、モジュール体700Bの液体容器取付部360が容器1の内部に突出している場合、容器1の上面や側面から垂れてきたインクによりアクチュエータ106bが誤作動することはない。

【0290】また、図30(A)の例では、振動板176と取付プレート350の一部のみが、容器1内のインクと接触するように容器1に装着される。

【0291】図30(B)は、アクチュエータ106bを容器1に装着したときの他の例についてのインク容器の断面図を示す。図30(B)の例によるインクカートリッジでは、保護部材361が、アクチュエータ106bとは別体として容器1に取り付けられている。従って、保護部材361とアクチュエータ106bとはモジュールとして一体となっていない。しかしながら、保護部材361は、アクチュエータ106bをユーザーの手が触れないように保護することができる。アクチュエータ106bの前面に対応して、容器1の側壁に孔380が配設されている。

【0292】アクチュエータ106bは、圧電層160、上部電極164、下部電極166、振動板176及び取付プレート350を含んでいる。取付プレート350の上面に振動板176が形成され、振動板176の上面に下部電極166が形成されている。そして、下部電極166の上面に圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部及び下部電極166の主要部によって上下から挟まれるように形成されている。圧電層160、上部電極164及び下部電極166のそれぞれの主要部である円形部分は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板176上に形成されている。圧電素子及び振動板176の振動領域は、アクチュエータが実際に振動する振動部である。取付プレート350には、貫通孔370が設けられている。したがって、インクは、容器1の孔380及び取付プレート350の貫通孔370を介して、振動板176と接触する。容器1の孔380及び取付プレート350の貫通孔370は、共にインク溜部を形成する。また、

図30(B)の例では、アクチュエータ106bは、保護部材361により外部との接触から保護されている。

【0293】尚、図30(A)および(B)の例におけるアクチュエータ106b及び取付プレート350は、図1の基板178を有するアクチュエータ106で置換可能である。

【0294】図30(C)は、アクチュエータ106bを含むモールド構造体600を備える実施形態を示す。図30(c)の例では、取付構造体の1つとしてモールド構造体600を使用する。モールド構造体600は、アクチュエータ106bとモールド部364とを有する。アクチュエータ106bとモールド部364とは、一体に成形されている。モールド部364は、シリコン樹脂等の可塑性の材料によって成形される。モールド部364は、アクチュエータ106b側から延びる2本の足を有するように形成されている。モールド部364の足部は、内部にリードワイヤ362を有する。モールド部364は、モールド部364と容器1とを液密に固定するために、モールド部364の2本の足の端が容器1の外側で半球状に形成されている。モールド部364は、アクチュエータ106bが容器1の内部に突出するように容器1に装着される。これにより、アクチュエータ106bの振動部が容器1内のインクと接触する。モールド部364によって、アクチュエータ106bの上部電極164、圧電層160、及び下部電極166が、インクとの接触から保護されている。

【0295】図30(C)のモールド構造体600は、モールド部364と容器1との間にシーリング構造372を必要としないで、インクが容器1から漏れにくい。また、容器1の外部からモールド構造体600が突出しない形態であるので、アクチュエータ106bを外部との接触から保護することができる。またモールド構造体600は、モールド部364が容器1の内部に突出しているので、容器1の上面や側面から垂れてきたインクにより、アクチュエータ106bが誤作動することがない。

【0296】図31は、図1に示したアクチュエータ106を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す。複数のインクカートリッジ180は、それぞれのインクカートリッジ180に対応した複数のインク導入部182及びホルダー184を有するインクジェット記録装置に装着される。複数のインクカートリッジ180は、それぞれ異なった種類、例えば異なった色のインクを収容する。複数のインクカートリッジ180のそれぞれの底面には、少なくとも音響インピーダンスを検出する手段であるアクチュエータ106が装着されている。アクチュエータ106をインクカートリッジ180に装着することによって、インクカートリッジ180内のインク残量を検出することができる。

【0297】図32は、インクジェット記録装置のヘッ

ド部周辺の詳細を示す。インクジェット記録装置は、インク導入部182、ホルダー184、ヘッドプレート186及びノズルプレート188を有する。インクを噴射するノズル190が、ノズルプレート188に複数形成されている。

【0298】インク導入部182は、空気供給口181とインク導入口183とを有する。空気供給口181は、インクカートリッジ180に空気を供給する。インク導入口183には、インクカートリッジ180からインクが導入される。

【0299】インクカートリッジ180は、空気導入口185とインク供給口187とを有する。空気導入口185には、インク導入部182の空気供給口181から空気が導入される。インク供給口187は、インク導入部182のインク導入口183にインクを供給する。インクカートリッジ180に空気導入口185から空気を導入することによって、インクカートリッジ180からインク導入部182へのインクの供給が促される。ホルダー184は、インクカートリッジ180からインク導入部182を介して供給されたインクをヘッドプレート186に連通するものである。

【0300】図33は、図30に示したインクカートリッジ180の他の実施形態を示す。図33(A)のインクカートリッジ180Aは、上下方向に斜めに形成された底面194aに、アクチュエータ106が装着されている。アクチュエータ106が、インク容器194の上下方向に対し斜めに装着されているので、インクの掃けが良好になる。

【0301】インクカートリッジ180のインク容器194の内部には、インク容器194の内部底面から所定の高さに、アクチュエータ106と直面する位置に防波壁192が設けられている。アクチュエータ106と防波壁192との間には、インクで満たされた間隙が形成される。防波壁192とアクチュエータ106との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。

【0302】インク容器194が横揺れしたときに、インク容器194内部にインクの波が発生し、その衝撃によって、気体や気泡がアクチュエータ106によって検出されてアクチュエータ106が誤作動する可能性がある。しかし、防波壁192を設けることによって、アクチュエータ106付近のインクの波を防いで、アクチュエータ106の誤作動を防ぐことができる。

【0303】図33(B)のインクカートリッジ180Bのアクチュエータ106は、インク容器194の供給口の側壁上に装着されている。インク供給口187の近傍であれば、アクチュエータ106は、インク容器194の側壁又は底面に装着されてもよい。また、アクチュエータ106は、インク容器194の幅方向の中心に装着されることが好ましい。

【0304】インクは、インク供給口187を通過して外部に供給されるので、アクチュエータ106をインク供給口187の近傍に設けることにより、インクニアエンド時点までインクとアクチュエータ106とが確実に接触する。したがって、アクチュエータ106は、インクニアエンドの時点を実際に検出することができる。

【0305】更に、アクチュエータ106をインク供給口187の近傍に設けることで、インク容器をキャリッジ上のカートリッジホルダに装着する際に、インク容器上のアクチュエータ106とキャリッジ上の接点との位置決めが確実となる。その理由は、インク容器とキャリッジとの連結において最も重要なのは、インク供給口と供給針との確実な結合であるからである。これらの間に少しでもずれがあると、供給針の先端を痛めてしまったりあるいはリングなどのシーリング構造にダメージを与えてしまい、インクが漏れ出してしまう。このような問題点を防ぐために、通常、インクジェットプリンタは、インク容器をキャリッジにマウントする時に正確な位置合わせができるような特別な構造を有している。従って、供給口近傍にアクチュエータを配置させることにより、アクチュエータの位置合わせをも同時に確実なものとなるのである。さらに、アクチュエータ106をインク容器194の幅方向の中心に装着することで、より確実な位置合わせが実現できる。インク容器が、ホルダへの装着時に、幅方向中心線を中心として軸揺動した場合に、もっともその揺れが少ないからである。

【0306】図34は、インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図34(A)は、インクカートリッジ180Cの断面図、図34(B)は、図34(A)に示したインクカートリッジ180Cの側壁194bを拡大した断面図、及び、図34(C)は、その正面からの透視図である。

【0307】インクカートリッジ180Cは、半導体記憶手段7とアクチュエータ106とが、同一の回路基板610上に形成されている。図34(B)及び図34(C)に示すように、半導体記憶手段7は回路基板610の上方に形成され、アクチュエータ106は同一の回路基板610において半導体記憶手段7の下方に形成されている。

【0308】アクチュエータ106の周囲を囲むように、異型リング614が、側壁194bに装着される。側壁194bには、回路基板610をインク容器194に接合するためのカシメ部616が複数形成されている。カシメ部616を介して回路基板610をインク容器194に接合し、異型リング614を回路基板610に押しつけることで、アクチュエータ106の振動領域がインクと接触することをできるようにしつつ、インクカートリッジの外部と内部とを液密に保つ。

【0309】半導体記憶手段7及び半導体記憶手段7付近には、端子612が形成されている。端子612は、

半導体記憶手段7とインクジェット記憶装置等の外部との間の信号の受け渡しをする。半導体記憶手段7は、例えばEEPROMなどの書き換え可能な半導体メモリによって構成され得る。半導体記憶手段7とアクチュエータ106とが同一の回路基板610上に形成されているので、アクチュエータ106及び半導体記憶手段7をインクカートリッジ180Cに取付ける際に1回の取付け工程で済む。また、インクカートリッジ180Cの製造時及びリサイクル時の作業工程が簡素化される。更に、部品の点数が削減されるので、インクカートリッジ180Cの製造コストが低減できる。

【0310】アクチュエータ106は、インク容器194内のインクの消費状態を検知する。半導体記憶手段7は、アクチュエータ106が検出したインク残量などのインクの情報を格納する。また、半導体記憶手段7は、インク残量等を検出する際に用いられるインク及びインクカートリッジの特性等の特性パラメータに関する情報を格納する。

【0311】半導体記憶手段7は、予めインク容器194内のインクがフルの時すなわちインクがインク容器194内に満たされた時、又は、インクがエンドの時すなわちインク容器194内のインクが消費された時の共振周波数を、特性パラメータの一つとして格納する。インク容器194内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器が初めてインクジェット記録装置に装着されたときに格納されてもよい。また、インク容器194内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器194の製造中に格納されてもよい。

【0312】半導体記憶手段7に予めインク容器194内のインクがフル又はエンドのときの共振周波数を格納し、インクジェット記録装置側で共振周波数のデータを読み出すことにより、インク残量を検出する際のばらつきを補正できる。これにより、インク残量が基準値まで減少したことを正確に検出することができる。

【0313】図35は、インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図35(A)に示すインクカートリッジ180Dは、インク容器194の側壁194bに複数のアクチュエータ106が装着されている。図15に示した一体成形された複数のアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106の各々として用いることが好ましい。複数のアクチュエータ106は、上下方向に間隔をおいて、側壁194bに配置されている。複数のアクチュエータ106を上下方向に間隔をおいて側壁194bに配置することによって、インク残量を段階的に検出することができる。

【0314】図35(B)に示すインクカートリッジ180Eは、インク容器194の側壁194bに上下方向に長いアクチュエータ606が装着されている。上下方向に長いアクチュエータ606によって、インク容器194内のインク残量の変化を連続的に検出することがで

きる。アクチュエータ606の長さは、側壁194bの高さの半分以上の長さを有することが望ましい。図35(B)におけるアクチュエータ606は、側壁194bのほぼ上端からほぼ下端までの長さを有している。

【0315】図35(C)に示すインクカートリッジ180Fは、図35(A)に示したインクカートリッジ180Dと同様に、インク容器194の側壁194bに複数のアクチュエータ106が装着されている。また、複数のアクチュエータ106の直面に所定の間隔をおいて、上下方向に長い防波壁192を備える。図15に示した一体成形された複数のアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106の各々として用いることが好ましい。

【0316】アクチュエータ106と防波壁192との間には、インクで満たされた間隙が形成される。また、防波壁192とアクチュエータ106との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。

【0317】インク容器194が横揺れしたときにインク容器194内部にインクの波が発生し、その衝撃によって気体や気泡がアクチュエータ106によって検出されてしまい、アクチュエータ106が誤作動する可能性がある。しかし、図35(c)のように防波壁192を設けることによって、アクチュエータ106付近のインクの波立ちを防いで、アクチュエータ106の誤作動を防ぐことができる。また、防波壁192は、インクが揺動することで発生した気泡がアクチュエータ106に侵入することを防ぐ。

【0318】図36は、インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図36(A)のインクカートリッジ180Gは、インク容器194の上面194cから下方に延びる複数の隔壁212を有する。それぞれの隔壁212の下端とインク容器194の底面とは所定の間隔が空けられており、インク容器194の底部は連通している。インクカートリッジ180Gは、複数の隔壁212のそれぞれによって区画された複数の収容室213を有する。複数の収容室213の底部は互いに連通する。

【0319】複数の収容室213のそれぞれにおいて、インク容器194の上面194cにアクチュエータ106が装着されている。図15に示した一体成形されたアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106の各々として用いることが好ましい。アクチュエータ106は、インク容器194の収容室213の上面194cのほぼ中央に配置される。

【0320】収容室213の容量は、インク供給口187側が最も大きく、インク供給口187からインク容器194の奥へ遠ざかるにつれて徐々に小さくなっている。したがって、アクチュエータ106が配置される間隔も、インク供給口187側が広く、インク供給口18

7からインク容器194の奥へと遠ざかるにつれ、狭くなっている。

【0321】インクはインク供給口187から排出され、空気は空気導入口185から入る。このため、インク供給口187側の収容室213のインクから順にインクカートリッジ180Gの奥の方の収容室213のインクが消費される。例えば、インク供給口187に最も近い収容室213のインクが消費されて、インク供給口187に最も近い収容室213のインクの水位が下がっている間、他の収容室213にはインクが満たされている。インク供給口187に最も近い収容室213のインクが消費され尽くすと、空気が、インク供給口187から数えて2番目の収容室213に侵入し、2番目の収容室213内のインクが消費され始めて、2番目の収容室213のインクの水位が下がり始める。この時点で、インク供給口187から数えて3番目以降の収容室213には、インクが満たされている。このように、インク供給口187に近い収容室213から遠い収容室213へと順番にインクが消費される。

【0322】このように、アクチュエータ106がそれぞれの収容室213ごとにインク容器194の上面194cに配置されているので、アクチュエータ106はインク量の減少を段階的に検出することができる。更に、収容室213の容量が、インク供給口187から奥へ向かって徐々に小さくなっているため、アクチュエータ106がインク量の減少を検出する時間間隔が徐々に小さくなり、インクエンドに近づくほど頻度を高く検出することができる。

【0323】図36(B)のインクカートリッジ180Hは、インク容器194の上面194cから下方に延びる一つの隔壁212を有する。隔壁212の下端とインク容器194の底面とは所定の間隔が空けられており、インク容器194の底部は連通している。インクカートリッジ180Hは、隔壁212によって区画された2室の収容室213a及び213bを有する。収容室213a及び213bの底部は互いに連通する。

【0324】インク供給口187側の収容室213aの容量は、インク供給口187から見て奥の方の収容室213bの容量より大きい。特に、収容室213bの容量は、収容室213aの容量の半分より小さいことが好ましい。

【0325】収容室213bの上面194cに、アクチュエータ106が装着される。更に、収容室213bには、インクカートリッジ180Hの製造時に入る気泡を捕らえる溝であるバッファ214が形成される。図36(B)においては、バッファ214は、インク容器194の側壁194bから上方に延びる溝として形成されている。バッファ214は、インク収容室213b内に侵入した気泡を捕らえる。このため、気泡によってアクチュエータ106がインクエンドを誤認識することを防止

することができる。

【0326】なお、アクチュエータ106を収容室213bの上面194cに設けているため、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に対しては、ドットカウンタによって把握した収容室213aでのインクの消費状態に対応した補正をかけることで、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0327】図36(C)のインクカートリッジ180Iは、図36(B)のインクカートリッジ180Hの収容室213bに、多孔質部材216が充填されたものである。多孔質部材216は、収容室213b内の上面から下面までの全空間を埋めるように設置されており、アクチュエータ106と接触している。

【0328】インク容器が倒れた時やキャリッジ上での往復運動中に、空気がインク収容室213b内に侵入してしまい、これがアクチュエータ106の誤作動を引き起こす可能性がある。しかし、多孔質部材216が備えられていれば、多孔質部材216が空気を捕らえるため、アクチュエータ106と空気が接触することを防ぐことができる。また、多孔質部材216はインクをも保持するので、インク容器が揺れた場合等でも、インクがアクチュエータ106にかかってアクチュエータ106がインク無しをインク有りとして誤検出するのを防ぐことができる。多孔質部材216は、最も容量が小さい収容室213に設置することが好ましい。

【0329】なお、アクチュエータ106を収容室213bの上面194cに設けているため、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に対しては、ドットカウンタによって把握した収容室213aでのインクの消費状態に対応した補正をかけることで、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0330】図36(D)のインクカートリッジ180Jは、図36(C)のインクカートリッジ180Iの多孔質部材216が、孔径の異なる2種類の多孔質部材216A及び216Bによって構成されたものである。多孔質部材216Aが、多孔質部材216Bの上方に配置されている。上側の多孔質部材216Aの孔径は、下側の多孔質部材216Bの孔径より大きい。あるいは、多孔質部材216Aは、多孔質部材216Bよりも液体親和性が低い部材で形成されてもよい。

【0331】孔径の小さい多孔質部材216Bの方が孔径の大きい多孔質部材216Aより毛細管力は大きいので、

収容室213b内のインクは下側の多孔質部材216Bに集まり、保持される。したがって、一度空気がアクチュエータ106まで到達して、アクチュエータ106がインク無しを検出すると、インクが再度アクチュエータに到達してアクチュエータ106がインク有りとして検出することが無い。更に、アクチュエータ106から遠い側の多孔質部材216Bにインクが吸収されるため、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良い。このため、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。

【0332】なお、アクチュエータ106を収容室213bの上面194cに設けているため、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に対しては、ドットカウンタによって把握した収容室213aでのインクの消費状態に対応した補正をかけることで、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0333】図37(A)は、図36(C)に示したインクカートリッジ180Iを変形した実施形態であるインクカートリッジ180Kを示す断面図である。図37(A)に示すインクカートリッジ180Kの多孔質部材216の下部は、インク容器194の底面の方向にむけて徐々に小さくなるように圧縮され、水平方向の断面積及び孔径が小さくなるように設計されている。図37

(A)に示すように、インクカートリッジ180Kは、多孔質部材216の下部をその孔径が小さくなるように圧縮するために側壁にリブが設けられている。多孔質部材216下部の孔径は、圧縮されることにより小さくなっているため、インクは多孔質部材216下部へと集められ、保持される。アクチュエータ106から遠い多孔質部材216下部にインクが吸収されるため、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良い。このため、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。したがって、インクが揺れることによってインクカートリッジ180K上面に装着されたアクチュエータ106にインクがかかってしまい、アクチュエータ106がインク無しをインク有りとして誤検出することを防止することができる。

【0334】一方、図37(B)及び図37(C)のインクカートリッジ180Lは、多孔質部材216の下部が、インク容器194の幅方向においてインク容器194の底面にむけて徐々に小さくなるように圧縮され、水平方向の断面積及び孔径がインク容器194の底面の方向にむけて徐々に小さくなっている。多孔質部材216下部の孔径は、圧縮されることにより小さくなっているため、インクは多孔質部材216の下部へと集められ、保持される。アクチュエータ106から遠い多孔質部材

216Bの下部にインクが吸収されるため、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良い。このため、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の量が大きくなる。したがって、インクが揺れることによってインクカートリッジ180Lの上面に装着されたアクチュエータ106にインクがかかってしまい、アクチュエータ106がインク無しをインク有りと誤検出することを防止することができる。

【0335】図38(A)は、アクチュエータ106を用いたインクカートリッジの更に他の実施形態を示す。図38(A)のインクカートリッジ220Aは、インクカートリッジ220Aの上面から下方へと延びるように設けられた第1の隔壁222を有する。第1の隔壁222の下端とインクカートリッジ220Aの底面との間には所定の間隔が空けられており、インクは、インクカートリッジ220Aの底面を通じてインク供給口230へ流入できるようになっている。第1の隔壁222に対するインク供給口230側には、インクカートリッジ220Aの底面より上方に延びるように第2の隔壁224が形成されている。第2の隔壁224の上端とインクカートリッジ220A上面との間には所定の間隔が空けられており、インクは、インクカートリッジ220Aの上面を通じてインク供給口230へ流入できるようになっている。

【0336】第1の隔壁222によって、インク供給口230から見て第1の隔壁222の奥の方に第1の収容室225aが形成される。一方、第2の隔壁224によって、インク供給口230から見て第2の隔壁224の手前側に第2の収容室225bが形成される。第1の収容室225aの容量は、第2の収容室225bの容量より大きい。第1の隔壁222及び第2の隔壁224の間には、毛管現象を起こせるだけの間隔が空けられる、すなわち、毛管路227が形成される。したがって、第1の収容室225aのインクは、毛管路227の毛細管力により毛管路227に集められる。このため、気体や気泡が第2の収容室225bへ混入することを防止することができる。また、第2の収容室225b内のインクの水位は、安定的に徐々に下降できる。インク供給口230から見て、第1の収容室225aは第2の収容室225bより奥に形成されているので、第1の収容室225aのインクが消費された後で、第2の収容室225bのインクが消費される。

【0337】そして、インクカートリッジ220Aのインク供給口230側の側壁、すなわち、第2の収容室225bのインク供給口230側の側壁に、アクチュエータ106が装着されている。アクチュエータ106は、第2の収容室225b内のインクの消費状態を検知する。アクチュエータ106を第2の収容室225bの側壁に装着することによって、インクエンドにより近い時点でのインク残量を安定的に検出することができる。更

に、アクチュエータ106を第2の収容室225bの側壁に装着する高さを変えることにより、どの時点でのインク残量をインクエンドとするかを、自由に設定することができる。

【0338】毛管路227を介して第1の収容室225aから第2の収容室225bへインクが供給されるため、アクチュエータ106は、インクカートリッジ220Aの横揺れによるインクの横揺れの影響を受け難い。従って、アクチュエータ106はインク残量をより確実に測定できる。更に、毛管路227がインクを保持するので、インクが第2の収容室225bから第1の収容室225aへ逆流することが防止される。

【0339】また、インクカートリッジ220Aの上面には、逆止弁228が設けられている。逆止弁228は、インクカートリッジ220Aが横揺れたときに、インクがインクカートリッジ220A外部に漏れることを防ぐ。更に、逆止弁228をインクカートリッジ220Aの上面に設置することで、インクのインクカートリッジ220Aからの蒸発をも防ぐことができる。インクカートリッジ220A内のインクが消費されて、インクカートリッジ220A内の負圧が逆止弁228の圧力を越えると、逆止弁228が開いて、インクカートリッジ220Aに空気を吸入する。これにより、インクカートリッジ220A内の圧力が略一定に保持される。

【0340】図38(C)及び(D)は、逆止弁228の詳細の断面を示す図である。図38(C)の逆止弁228は、ゴムにより形成された羽根232aを有する弁232を有する。羽根232aは、インクカートリッジ220の外部との通気孔233と対向している。羽根232aの変形によって、通気孔233が開閉される。すなわち、インクカートリッジ220内のインクが減少し、インクカートリッジ220内の負圧が逆止弁228の圧力を越えると、羽根232aがインクカートリッジ220の内側に変形して(開いて)、外部の空気がインクカートリッジ220内に取り入れられる。

【0341】図38(D)の逆止弁228は、ゴムにより形成された弁232とバネ235とを有する。インクカートリッジ220内の負圧が逆止弁228の圧力を越えると、弁232がバネ235に抗して(押圧して)下降し(開いて)、外部の空気がインクカートリッジ220内に吸入される。

【0342】一方、図38(B)に示すインクカートリッジ220Bは、図38(A)のインクカートリッジ220Aにおいて、逆止弁228を設ける代わりに、第1の収容室225aに多孔質部材242を配置したものである。多孔質部材242は、インクカートリッジ220B内のインクを保持すると共に、インクカートリッジ220Bが横揺れたときにインクがインクカートリッジ220Bの外部へ漏れことを防ぐ。

【0343】以上、キャリアッジ及びキャリアッジに装着さ

れるキャリッジと別体のインクカートリッジに対して、当該インクカートリッジ又はキャリッジにアクチュエータ106を装着する場合について説明した。しかしながら、キャリッジと一体化され、キャリッジと共にインクジェット記録装置に装着されるインクタンクにアクチュエータ106を装着してもよい。更に、キャリッジと別体の、チューブ等を介してキャリッジにインクを供給するオフキャリッジ方式のインクタンクにアクチュエータ106を装着してもよい。また、記録ヘッドとインク容器とが一体となって交換可能に構成された部材のインクカートリッジ相当部分に、本発明のアクチュエータを装着してもよい。

【0344】なお、記録装置制御部2000、2002、2004、2006、それらの各要素及び制御装置840c(図10参照)は、コンピュータシステムによって構成され得る。ここで、コンピュータシステムにこれらの各要素を実現させるためのプログラム及び当該プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体201(図5参照)も、本件の保護対象である。

【0345】さらに、前記の各要素が、コンピュータシステム上で動作するOS等のプログラムによって実現される場合、当該OS等のプログラムを制御する各種命令を含むプログラム及び当該プログラムを記録した記録媒体202も、本件の保護対象である。

【0346】ここで、記録媒体201、202とは、フロッピーディスク等の単体として認識できるものの他、各種信号を伝搬させるネットワークをも含む。

【0347】なお、液体の例としては、インクの他に、グルー、マニキュア等が用いられ得る。

【0348】以上、本発明を複数の実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることができる。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【0349】

【発明の効果】本発明によれば、デジタル信号生成回路部が逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成し、検出回路部は当該デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するため、検出回路部における信号処理はデジタル処理となつて、ノイズによる影響を受けにくい。

【図面の簡単な説明】

【図1】アクチュエータ106の詳細を示す図である。

【図2】アクチュエータ106の周辺およびその等価回路を示す図である。

【図3】インクの密度とアクチュエータ106によって検出されるインクの共振周波数との関係を示す図である。

【図4】アクチュエータ106の逆起電力波形を示す図である。

【図5】アクチュエータ106が音響インピーダンスの変化を検知することで液体容器1内の液体の消費状態を検出し、検出した結果に基づいてインクジェット記録装置を制御する記録装置制御部2000の構成を示す図である。

【図6】他の実施の形態の記録装置制御部2002を示すブロック図である。

【図7】図5に示した記録装置制御部2000の更に他の実施の形態を示す図である。

【図8】図7に示した記録装置制御部2004の更に他の実施の形態を示す図である。

【図9】図8に示した記録装置制御部2006の動作手順を示すフローチャートである。

【図10】測定回路部800の回路構成を示す図である。

【図11】測定回路部800の回路構成の他の例を示す図である。

【図12】ノイズ影響判別部880の動作手順を示すフローチャートである。

【図13】検出回路部1100の回路構成を示す図である。

【図14】図13に示した液体有無判定部1000の詳細な回路構成を示す図である。

【図15】アクチュエータ106の他の実施形態を示す図である。

【図16】図15に示したアクチュエータ106の一部の断面を示す図である。

【図17】図16に示したアクチュエータ106の全体の断面を示す図である。

【図18】図15に示したアクチュエータ106の製造方法を示す図である。

【図19】本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【図20】貫通孔1cの他の実施形態を示す図である。

【図21】アクチュエータ660の他の実施形態を示す図である。

【図22】アクチュエータ670の更に他の実施形態を示す図である。

【図23】モジュール体100を示す斜視図である。

【図24】図23に示したモジュール体100の構成を示す分解図である。

【図25】モジュール体100の他の実施形態を示す図である。

【図26】図25に示したモジュール体400の構成を示す分解図である。

【図27】モジュール体100の更に他の実施形態を示す図である。

【図28】図23に示したモジュール体100をインク容器1に装着した断面の例を示す図である。

【図29】モジュール体100の更に他の実施形態を示す図である。

す図である。

【図30】モジュール体100の更に他の実施形態を示す図である。

【図31】図1および図2に示したアクチュエータ106を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す図である。

【図32】インクジェット記録装置の詳細を示す図である。

【図33】図32に示したインクカートリッジ180の他の実施形態を示す図である。

【図34】インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す図である。

【図35】インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す図である。

【図36】インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す図である。

【図37】図36(C)に示したインクカートリッジ180の他の実施形態を示す図である。

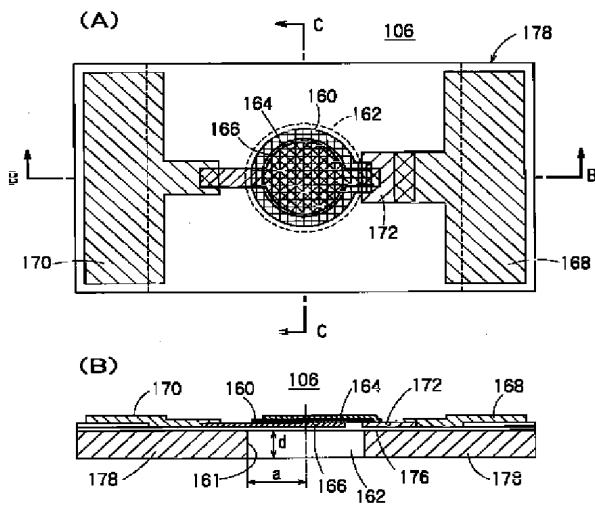
【図38】モジュール体100を用いたインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【符号の説明】

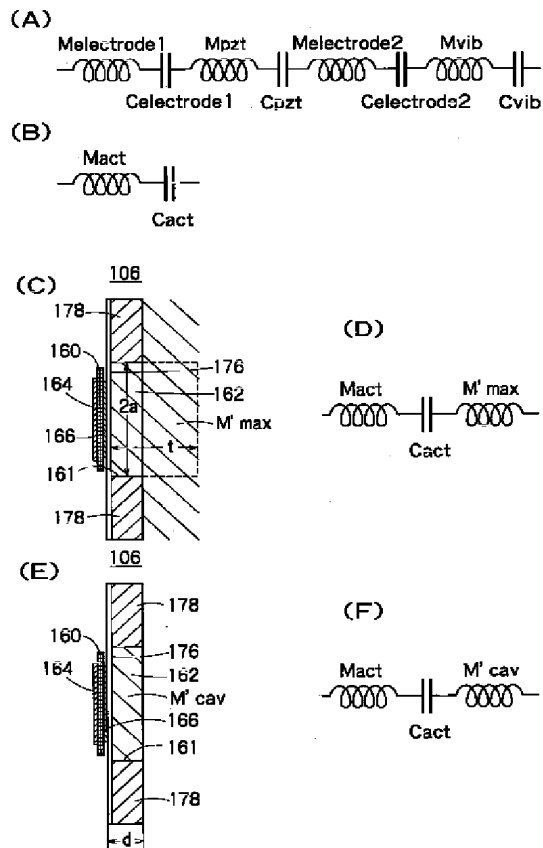
1 容器	110 プレート
1a 底面	112、412、370 貫通孔
1b 側壁	113 凹部
1c、40a 貫通孔	114 開口部
1d 側面	116 円柱部
1e、1f 段差部	160 圧電層
1g、1h 溝	162 キャビティ
2 インク供給口	164 上部電極
40、41 グリーンシート	166 下部電極
42、44 導電層	168 上部電極端子
44' 接続部	170 下部電極端子
47、48 スペース部材	172 補助電極
67 板材	174 圧電素子
68 フロート	176 振動板
71 接着剤層	180 インクカートリッジ
78、80、178 基板	181 空気供給口
73、82、圧電振動板	182 インク導入部
74、75 インク吸収体	183 インク導入口
76 パッキン	184ホルダー
77 カシメ孔	185 空気導入口
81 凹部	186 ヘッドプレート
100、400、500、700 モジュール体	187 インク供給口
101、401、501 液体容器取付部	188 ノズルプレート
102 基台	190 ノズル
104、362 リードワイヤ	192 防波壁
105、405、505 圧電装置装着部	194 インク容器
106、106b、650、660、670 アクチュエータ	194a 底面
108 フィルム	194b 側壁
	194c 上面
	212 隔壁
	213、213a、213b 収容室
	214 バッファ
	216、216a、216b 多孔質部材
	220 インクカートリッジ
	222 第1の隔壁
	224 第2の隔壁
	225a 第1の収容室
	225b 第2の収容室
	227 毛管路
	228 逆止弁
	230 インク供給口
	232 弁
	232a 羽根
	233 通気孔
	235 バネ
	242 多孔質部材
	250 キャリッジ
	252 記録ヘッド
	254 インク供給針
	256 サブタンクユニット

258、258' 凸部	824 ハイパスフィルタ
260、260' 弾性波発生手段	834、840、842、844、846 端子
262 インク室	836 比較器
266 膜弁	840c 制御装置
270 弁体	850、850A、850B、850C 駆動電圧生成部
272 インクカートリッジ	860 増幅部
274 容器	880 ノイズ影響判別部
274a 底面	900、902 デジタル回路部
274b 側面	910、918 フリップフロップ
276 インク供給口	912、920 カウンタ
278 凹部	914、916 NANDゲート
280、280' ゲル化材	1000、1002 液体有無判定部
282 パッキン	1010 液体消費状態補正部
284 バネ	1011 上限値レジスタ
286 弁体	1012 下限値レジスタ
288 半導体記憶手段	1014、1016 比較部
290 容器	1018 ANDゲート
290a 底面	1020、1022 端子
292、294、296 インク室	1100、1102、1104 検出回路部
298、300、302 インク供給口	1200、1202、1210 液体消費状態検出部
304、306、308 ゲル化材	1300 ヘッド部
310、312、314 凹部	1400 制御部
316 板材	1402 記録装置動作制御部
318 フロート	1404 提示処理部
350 取付プレート	1406 印刷動作制御部
360 液体容器取付部	1408 インク補充処理部
364 モールド部	1410 カートリッジ交換処理部
372 シーリング構造	1412 印刷データ記憶処理部
402、502 基台	1414 印字データ記憶部
403、503 円柱部	1416 ディスプレイ
404、504 リードワイヤ	1418 スピーカ
408、508 フィルム	1420 印刷動作部
410、510 プレート	1422 インク補充装置
413、513 凹部	1424 カートリッジ交換装置
414、514 開口部	1432 クリーニング駆動部
600 モールド構造体	1434 ポンプ
606 アクチュエータ	1436 クリーニング部
610 回路基板	1440 ヘッド駆動部
612 端子	1442 クリーニング制御部
800、800A、800B、800C 測定回路部	1444 情報記憶制御回路部
810 NPN型トランジスタ	1450 液体吐出カウンタ
812 PNP型トランジスタ	1452 液体消費量補正部
816 基準電位生成部	1500、1502、1506 制御回路部
817、818、820、828、830、832 抵抗	2000、2002、2004、2006 記録装置制御部
822、826 コンデンサ	

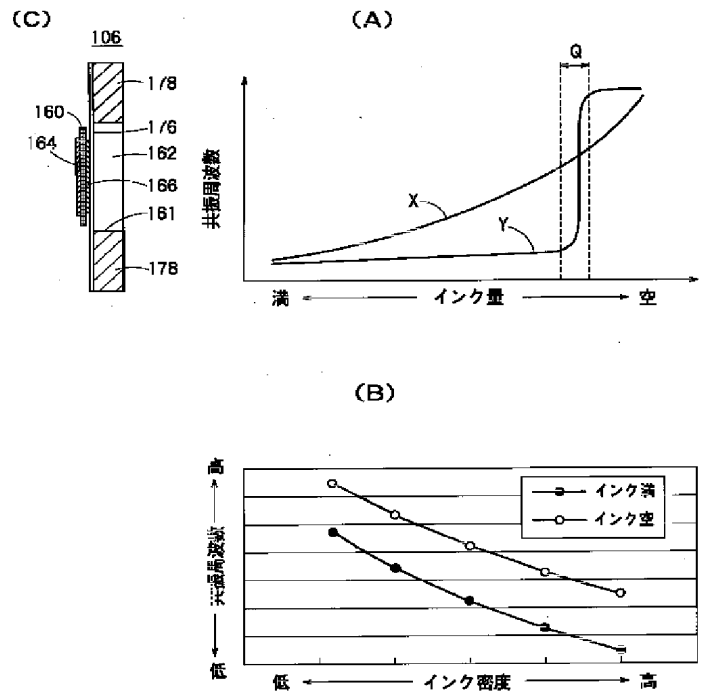
【図1】



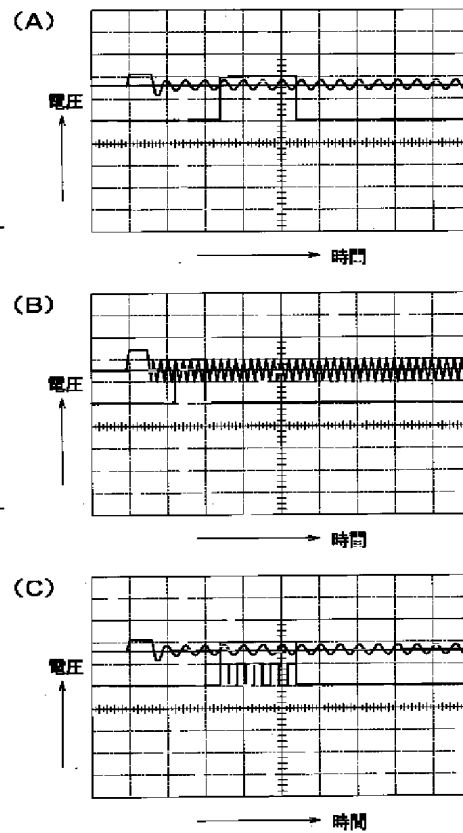
【図2】



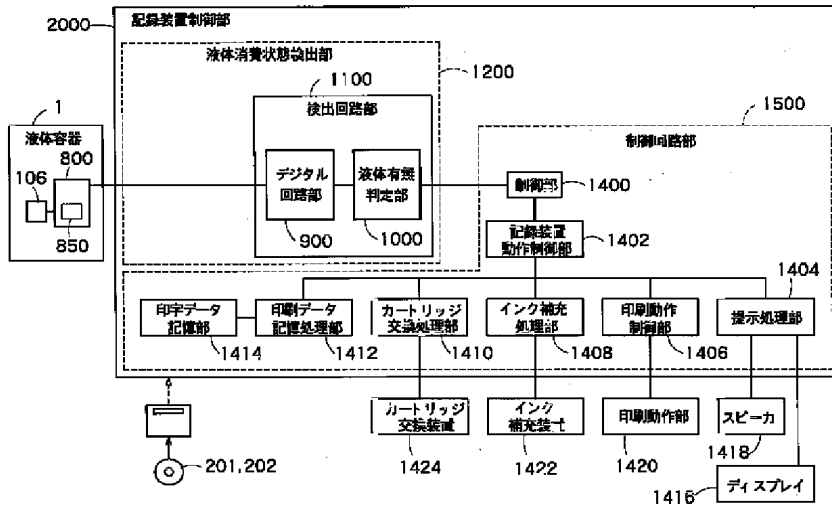
【図3】



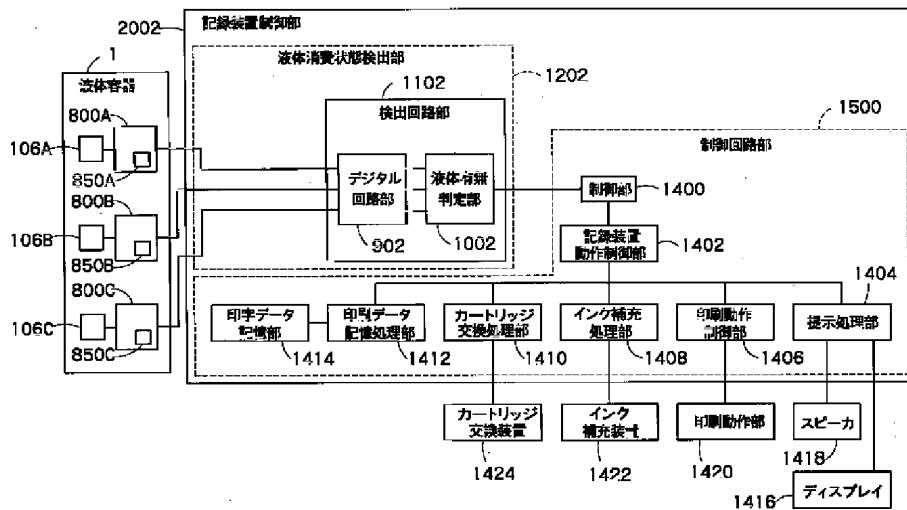
【図4】



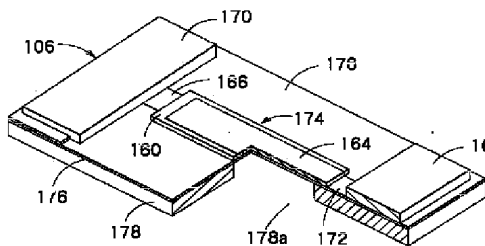
【図5】



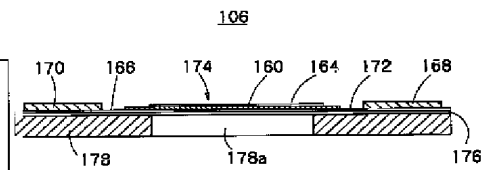
【図6】



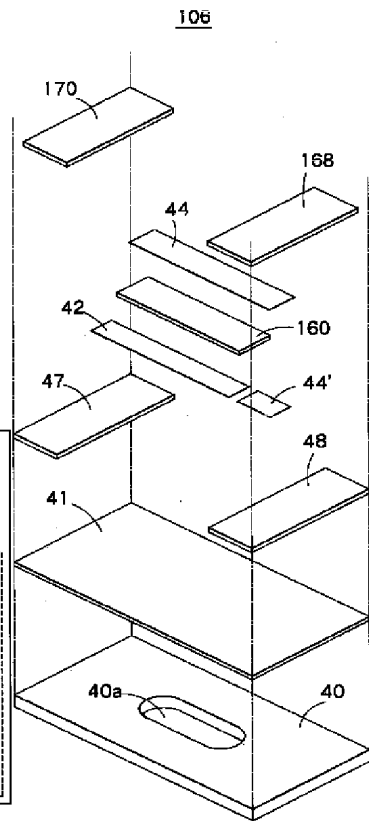
【図16】



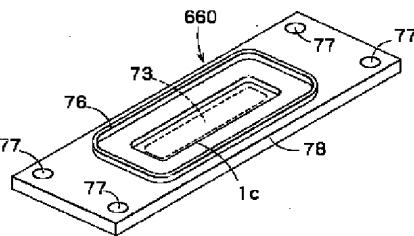
【図17】



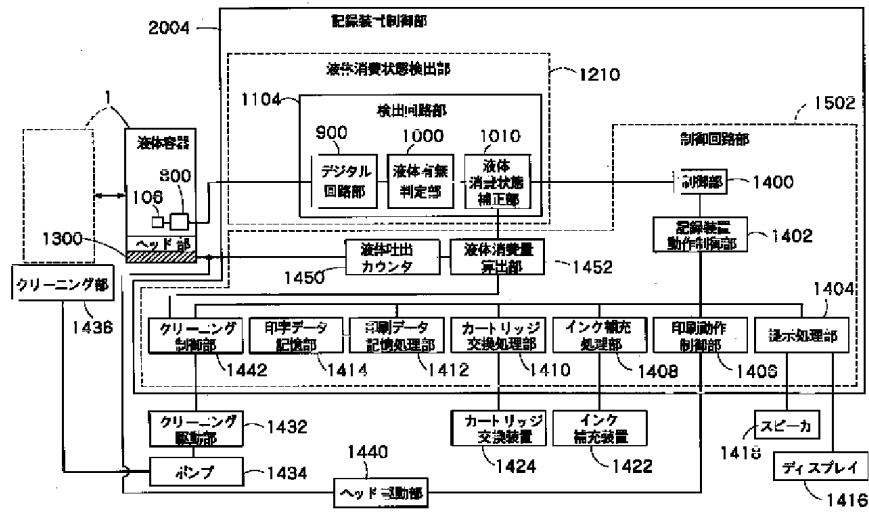
【図18】



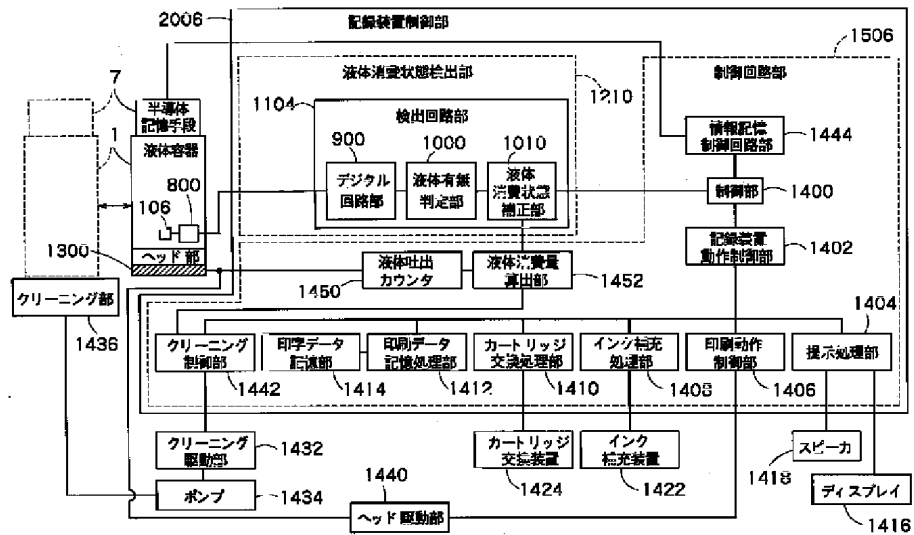
【図21】



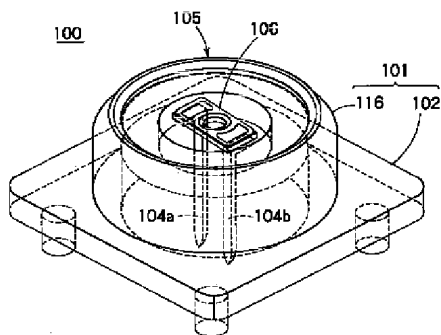
【図7】



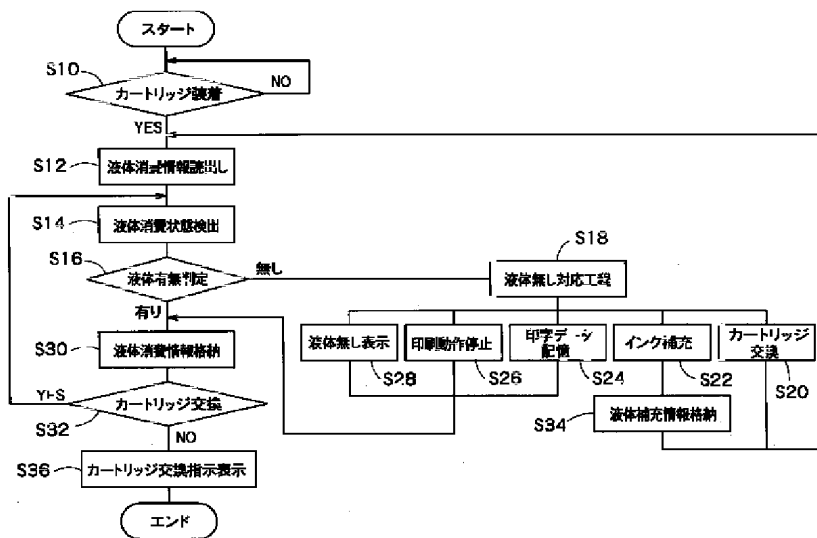
【図8】



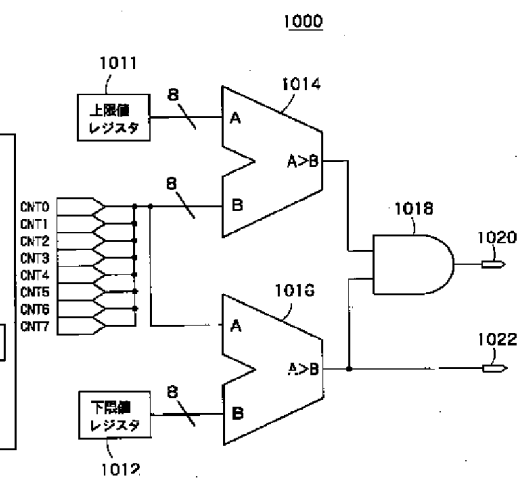
【図23】



【図9】

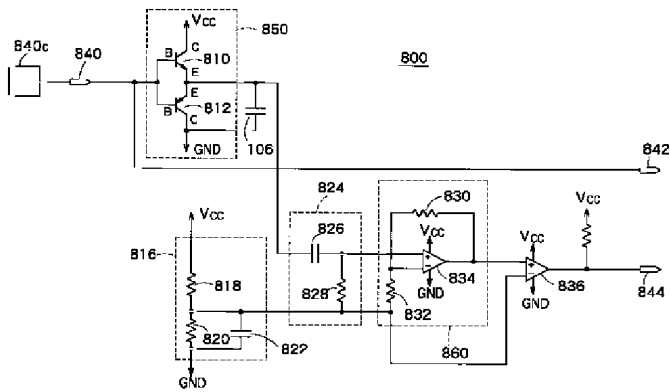


【図14】

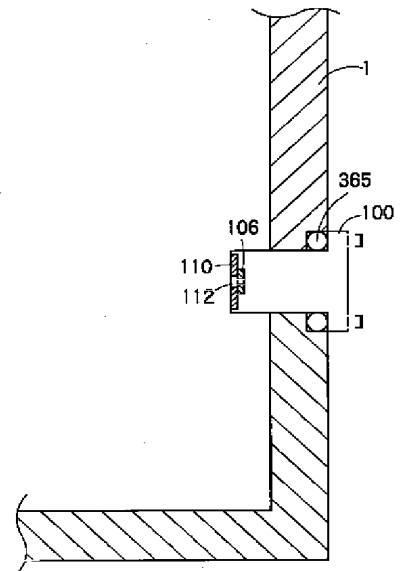
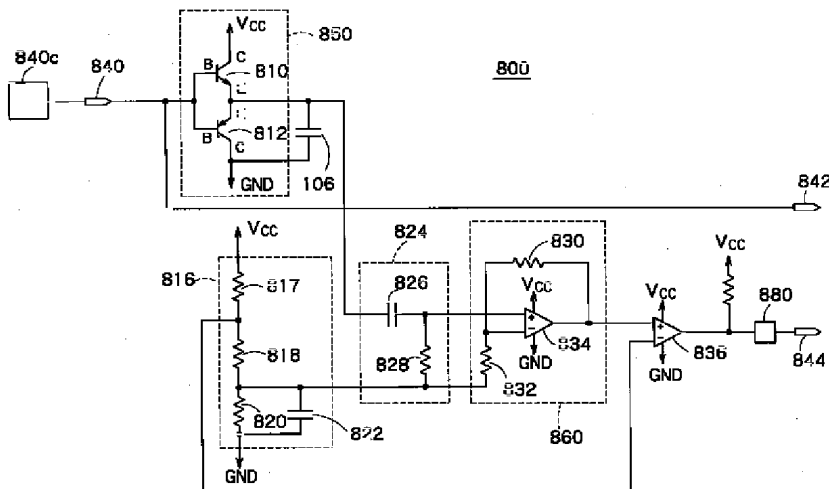


【図28】

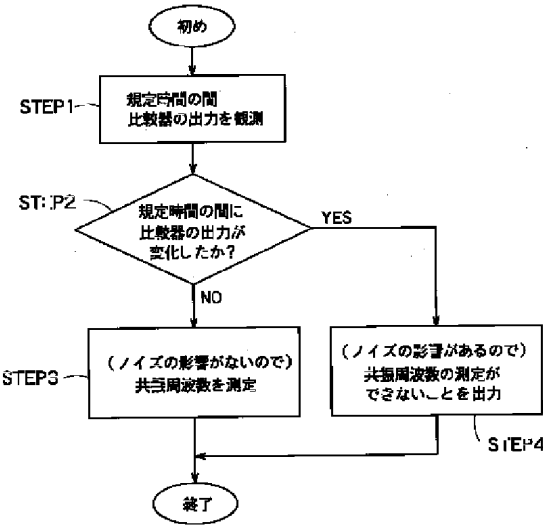
【図10】



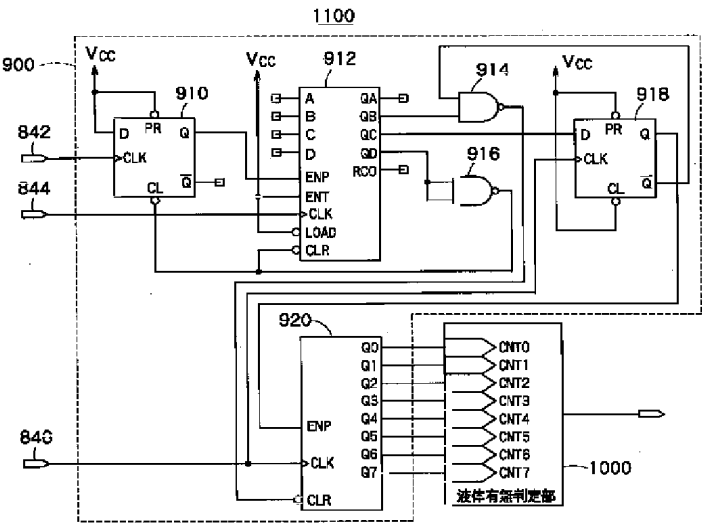
【図11】



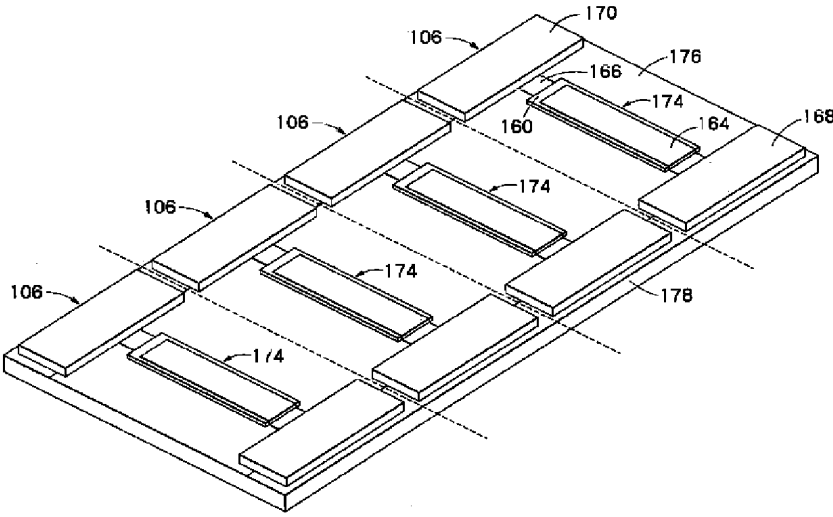
【図12】



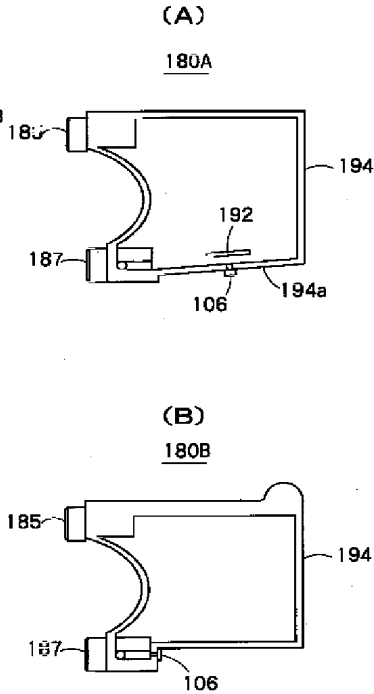
【図13】



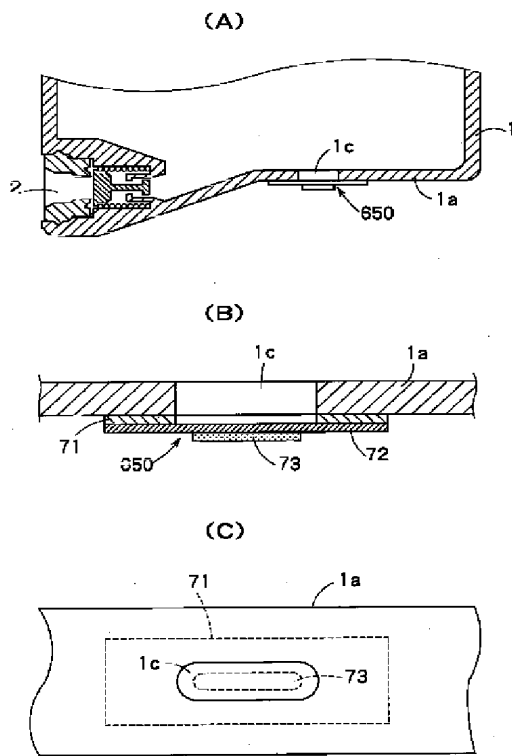
【図15】



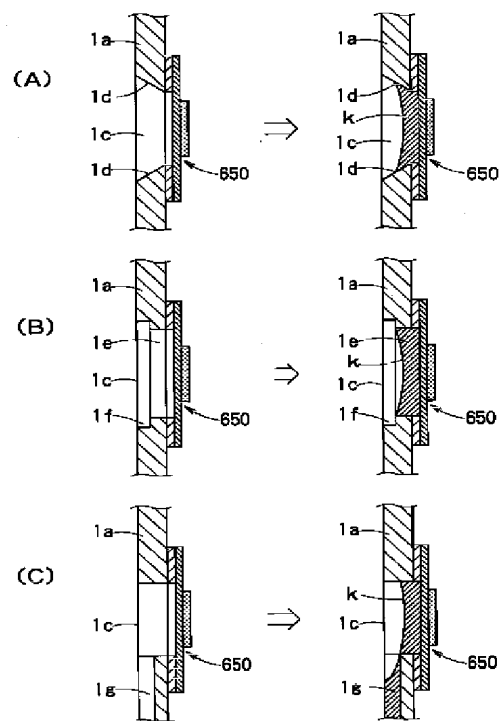
【図33】



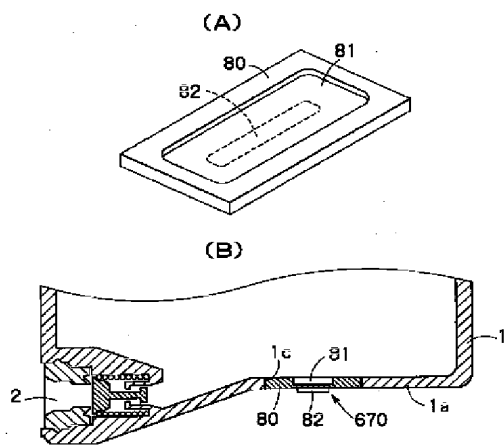
【図19】



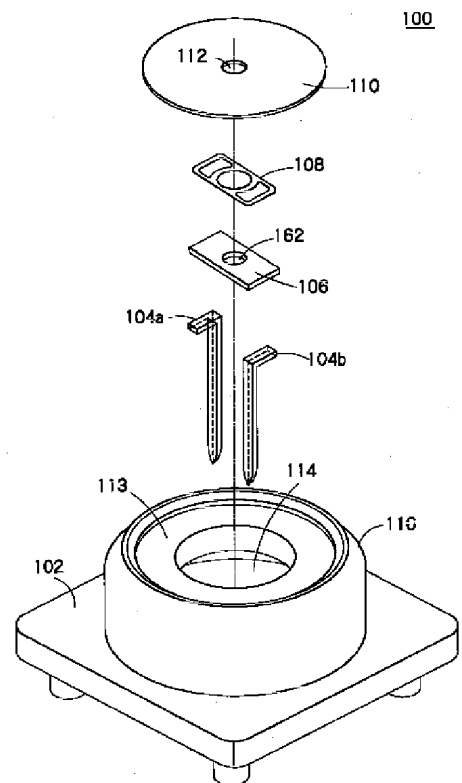
【図20】



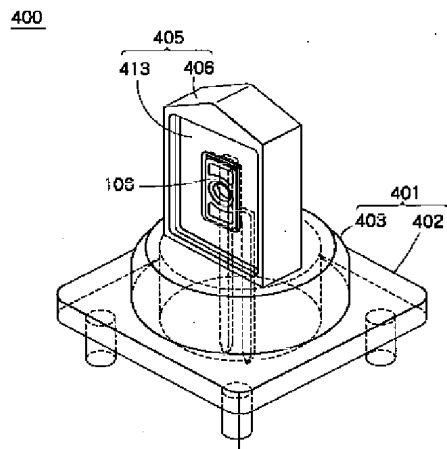
【図22】



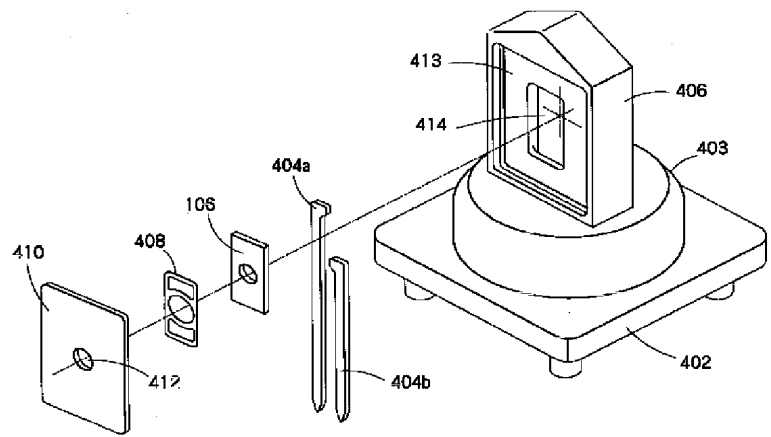
【図24】



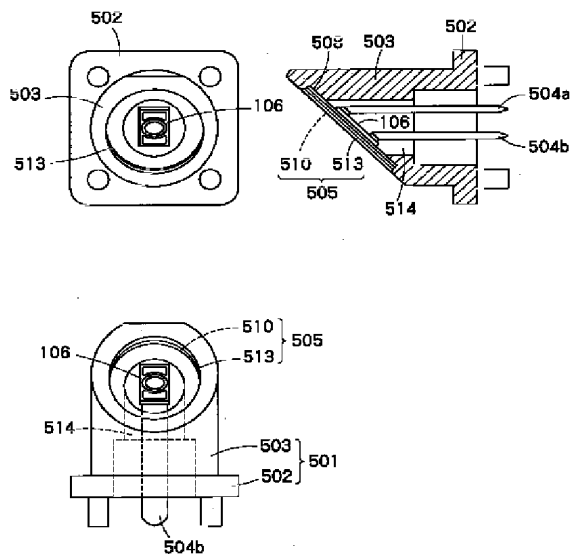
【図25】



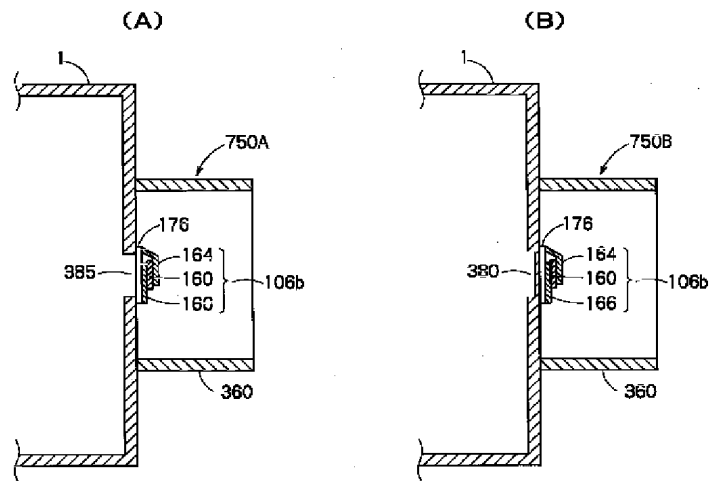
【図26】



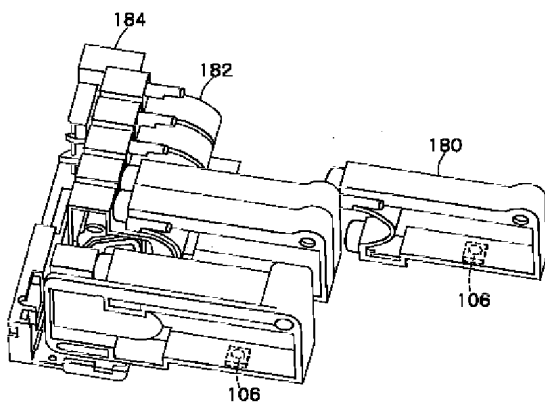
【図27】



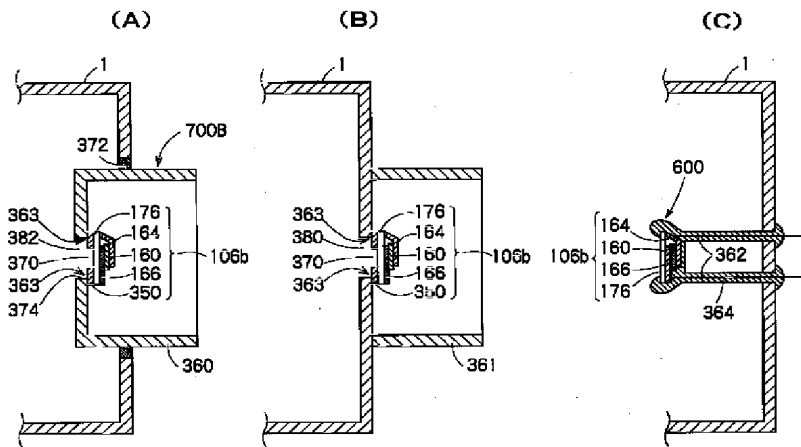
【図29】



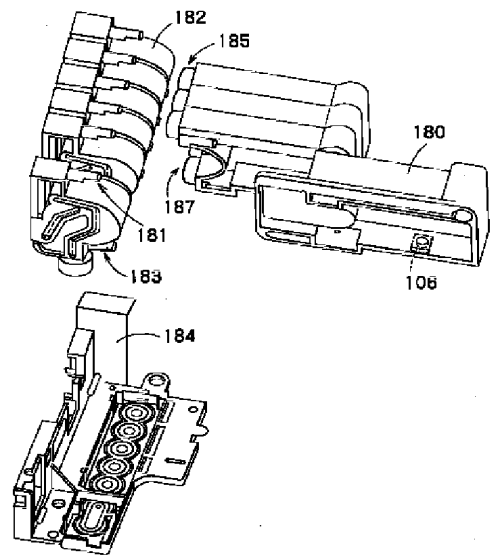
【図31】



【図30】



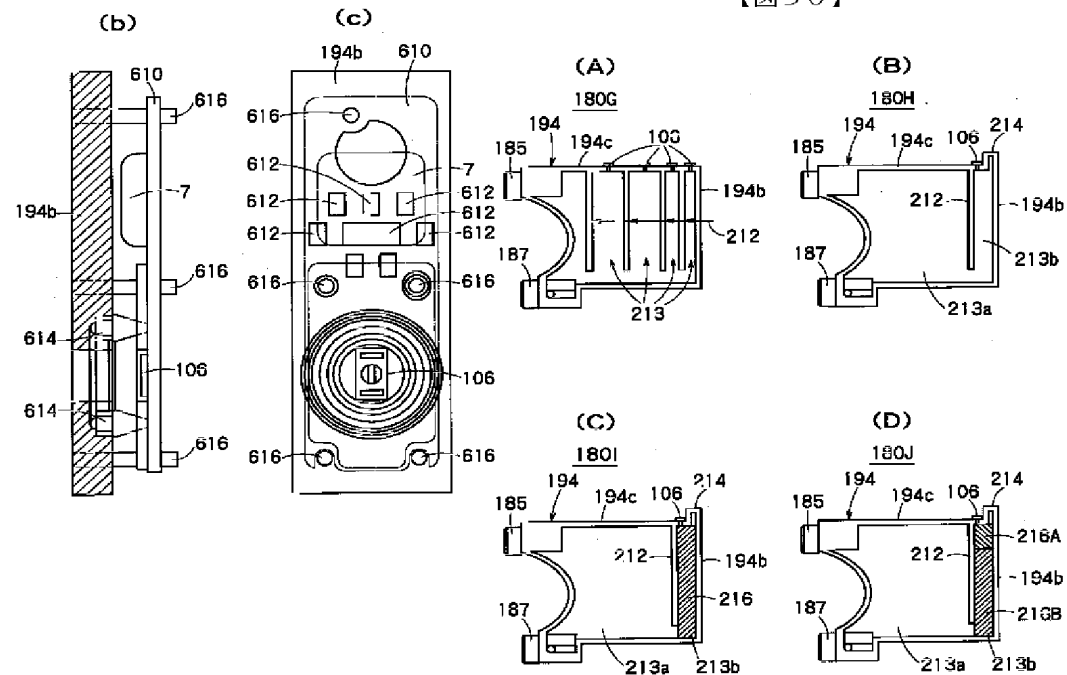
【図32】



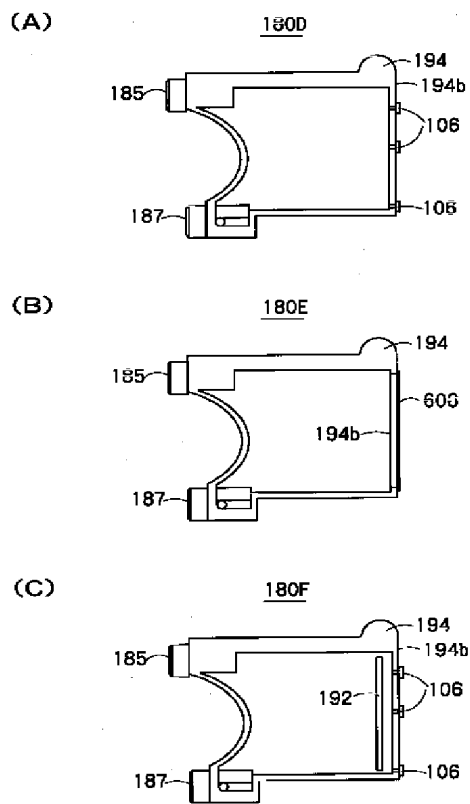
【図34】



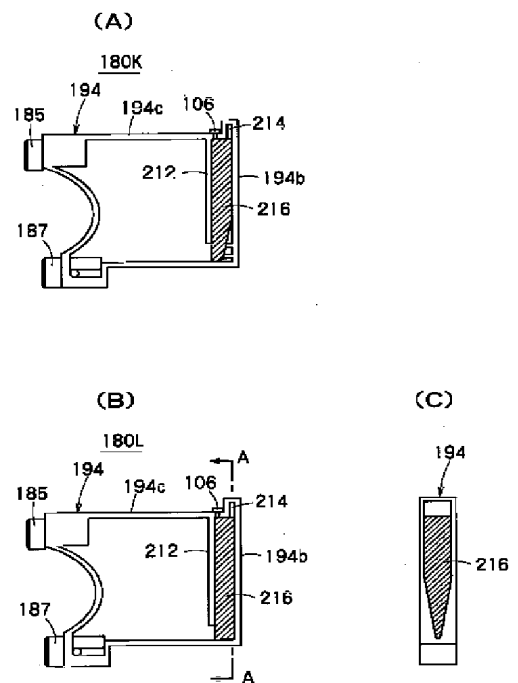
【図36】



【図35】



【図37】



【図38】

